



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Vuolle

# REHUFOSFAATTITEHTAAN JULKISIVUSANEERAUS

Tekniikan yksikkö  
2015

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Teemu Vuolle
Opinnäytetyön nimi	Rehufosfaattitehtaan julkisivusaneeraus
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	67 + 3 liitettä
Ohjaaja	Heikki Liimatainen

---

Opinnäytetyön aiheena oli Kokkolan suurteollisuusalueella sijaitsevan teollisuusrakennuksen julkisivusuunnittelu. Opinnäytetyökokonaisuuteen kuului uusien seinäelementtien mitoittaminen, uusien julkisivukuvien- ja detaljien piirtäminen sekä kustannus- ja kuntoarvion tekeminen.

Rakennus on rakennettu 1960-luvulla ja sen alkuperäiset seinäelementit vaihdetaan uusiin, niiden kunnon ollessa huono. Uudet seinäelementit suunnitellaan tehtäväksi Parocin valmistamilla teräspintaisilla sandwich-elementeillä. Mitoitus- ja suunnittelutyö tehtiin Parocin oman suunnitteluohjeen mukaisesti ottaen huomioon vanhan rakennuksen mukanaan tuomat rakenteelliset rajoitteet. Suunnittelu tehtiin vallitsevien rakentamismääräysten mukaisesti ja uusinta EN-1991-1-4 –standardia noudattaen. Kuvat luotiin AutoCAD-ohjelmistolla.

Työn suorittaminen aloitettiin kuntoarviolla, jonka pohjalta voitiin ryhtyä tarvittaessa välittömiin tai ennaltaehkäiseviin korjaustoimenpiteisiin. Itse suunnittelutyö aloitettiin projektin aloituskokouksen pohjalta saatuihin tietoihin ja suunnittelutyössä noudatettiin asiakkaiden toiveita ja muutosehdotuksia. Tuloksena saatiin alustavat julkisivukuvat kohteelle, joita muokkaamalla ja jatkojalostamalla voidaan luoda tarkempia ja toteutuskelpoisia kuvia projektin edetessä.

---

Avainsanat	julkisivusuunnittelu, sandwich- elementti, kuntoarvio, tuontorakennus, kustannusarvio
------------	---

## ABSTRACT

Author	Teemu Vuolle
Title	Façade Renovation of a Feed Phosphate Plant
Year	2015
Language	Finnish
Pages	67 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Liimatainen

---

The goal of this thesis was to produce new façade design drawings for a feed phosphate plant which is located in the Kokkola Industrial Park. The thesis itself consists of planning the new outer wall elements which are to be used in the building, producing new façade and detail drawings for the building, making an assessment considering the current condition of the building as well as making a cost assessment for the whole renovation project.

The production plant was built in the 1960s and the original outer wall elements that are still in place are to be replaced for new ones as the condition of the old elements are poor. The new wall elements were designed to be Paroc's steel-faced sandwich panels. The planning and designing was done according to Paroc's own design guidelines and with paying attention to the limitations that the old structure brought with it. The planning was done according to the latest and newest design standard EN-1991-1-4. The drawings were created with the AutoCAD design software.

The first phase of the thesis was making a condition assessment for the production plant. On the basis of the assessment, one could take immediate or preventive repair measures, if needed. The planning itself started on the basis of the information acquired in the project's launch meeting. In the planning process, all the wishes and alteration suggestions of the client were taken into account. As a result, tentative façade drawings for the plant were made. As the project progresses, these drawings can be modified and improved to make more accurate and feasible drawings.

---

Keywords	Façade design, sandwich element, condition assessment, production plant, cost assessment
----------	--

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	10
1.1	Työn tausta .....	10
1.2	Työn sisältö .....	10
2	HANKKEEN LÄHTÖTIEDOT .....	12
2.1	Tietoa asiakasyrityksestä .....	12
2.2	Suunnittelutyön lähtökohdat .....	13
2.3	Julkisivumateriaalin vaihdon yhteydessä huomioitavat tekijät .....	17
3	KUNTOKARTOITUS .....	19
3.1	Rakennuksen nykykunto .....	19
3.2	Ennaltaehkäisevät toimenpiteet .....	29
4	OHJEET JA MÄÄRÄYKSET .....	31
4.1	Rakentamismääräyskokoelma .....	31
4.2	Eurokoodi .....	33
5	RAKENNESUUNNITTELU .....	34
5.1	Kuormitusten laskeminen .....	34
5.1.1	Puuskanopeuspaineen määrittely .....	34
5.1.2	Kokonaistuulivoiman laskenta .....	38
5.1.3	Tuulikuormien laskeminen painekertoimien avulla .....	40
5.2	MRT-mitoitus .....	48
5.2.1	Elementin valinta .....	48
5.2.2	Tukileveys .....	51
5.2.3	Kiinnikkeet .....	52
5.3	KRT-mitoitus .....	53
5.3.1	Taipuma .....	53
5.3.2	Kuormitusyhdistelmät .....	55
5.4	Yhteenveto .....	56
6	JULKISIVUSUUNNITTELU .....	58
6.1	Parocin teräspintainen sandwich-elementti .....	58



7	KUSTANNUSARVIO .....	61
7.1	Määräluettelo .....	61
7.2	Materiaalien kustannusarvio .....	62
7.3	Saneerauksen työvaiheita .....	62
8	YHTEENVETO .....	64
	LÄHTEET .....	66
	LIITTEET	

**KUVALUETTELO**

<b>Kuva 1.</b>	Yaran yrityslogo.	s. 12
<b>Kuva 2.</b>	Eteläpuolinen seinä.	s. 14
<b>Kuva 3.</b>	Tämänhetkisiä kannakointiratkaisuja.	s. 15
<b>Kuva 4.</b>	Nykyinen hätäpoistumistie.	s. 16
<b>Kuva 5.</b>	Seinäelementtien liikkuminen.	s. 21
<b>Kuva 6.</b>	Elementin liikkuminen.	s. 22
<b>Kuva 7.</b>	Hapon vaikutus betonielementtiin.	s. 23
<b>Kuva 8.</b>	Hapon vaikutus mantteloituun betonipilariin.	s. 24
<b>Kuva 9.</b>	Hapon vaikutus seinäpelteihin.	s. 25
<b>Kuva 10.</b>	Seinäelementin kiinnityksen hitsauksen halkeilua.	s. 26
<b>Kuva 11.</b>	Hitsausten halkeilua.	s. 27
<b>Kuva 12.</b>	Raudoitusten vaurioita.	s. 28
<b>Kuva 13.</b>	Seinäelementtien lisäkiinnityksiä.	s. 30
<b>Kuva 14.</b>	Maastoluokat.	s. 35
<b>Kuva 15.</b>	Puuskanopeuspaineen ominaisarvot.	s. 36
<b>Kuva 16.</b>	Puuskanopeuspaineen vertailu.	s. 37
<b>Kuva 17.</b>	$c_s c_d$ - arvon määrittely.	s. 39
<b>Kuva 18.</b>	$c_f$ - arvon määrittely.	s. 39
<b>Kuva 19.</b>	Nopeuspaine korkeuden määrittely.	s. 41

<b>Kuva 20.</b>	Seinien jako vyöhykkeisiin.	s. 42
<b>Kuva 21.</b>	Tuulikuormat, kun tuuli pitkää sivua kohden.	s. 47
<b>Kuva 22.</b>	Tuulikuormat, kun tuuli päätyä kohden.	s. 48
<b>Kuva 23.</b>	Paroc-mitoituskäyrästä 100 mm.	s. 50
<b>Kuva 24.</b>	Paroc-sandwichelementin koostumus.	s. 59
<b>Kuva 25.</b>	Paroc-sandwichelementin pintalevyjen koostumus.	s. 60

**TAULUKKOLUETTELO**

<b>Taulukko 1.</b>	Puuskanopeuspaineen ominaisarvot.	s. 36
<b>Taulukko 2.</b>	Vyöhykkeiden mukaiset painekertoimet.	s. 43
<b>Taulukko 3.</b>	Yhteenveto painekertoimista.	s. 45
<b>Taulukko 4.</b>	Paroc-elementin ulkopinnan lämpötilat.	s. 53
<b>Taulukko 5.</b>	Lämpötilaerojen aiheuttamat taipumat.	s. 54
<b>Taulukko 6.</b>	Tuulikuorman suuruus.	s. 54
<b>Taulukko 7.</b>	Tasaisesti jakautuneen kuorman aiheuttama taipuma	s. 55

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Julkisivukuvat(A2)

**LIITE 2.** Periaatedetajikuvat

**LIITE 3.** Rungon moduulijako (A2)

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Opinnäytetyö sisältyy Vaasan ammattikorkeakoulun rakennustekniikan insinööri-tutkintoon ja työ suoritetaan Kokkolan suurteollisuusalueella toimivalle kansain-väliselle kemianteollisuuden yritykselle. Opinnäytetyön osuus sisältyy osaan laa-jempaa tuotantorakennukselle tehtävää julkisivusaneerausta, joka on tarkoitus to-teuttaa asteittain tulevien vuosien aikana.

## 1.2 Työn sisältö

Työ sisältää teoriaosuuden, jossa käydään läpi teräspintaisen sandwich- elementin mitoittaminen kohteena olevalle rakennukselle. Käyn läpi mitoitus sisältyviä eri laskentavaiheita noudattaen voimassaolevia rakentamismääräyksiä. Teo-riaosuuteen sisältyy myös murto- ja kuormarajatilamitoitus uusien seinäelementti-en osalta. Myös olemassa oleviin rakenteisiin tehtävät muutoksia käsitellään lyhy-esti.

Työn käytännön osuudessa käyn läpi rakenteiden tämänhetkistä kuntoa kohteessa tehdyn kuntokartoituksen muodossa. Käyn läpi myös mahdollisia syitä siihen, joi-den johdosta nykyisten seinärakenteiden kunto on tällä hetkellä melko huono. Työn tuloksena tehdään kohteelle alustavat julkisivu- ja detaljikuvat. Tuotettujen kuvien avulla voidaan luoda yksityiskohtaisemmat ja toteutusvalmiit kuvat koh-teelle.

Laskujen ja suunnitelmien avulla teen materiaalien määrälaskennan kohteelle, jonka pohjalta voidaan tehdä karkea kustannusarvio saneeraukselle materiaalien osalta.

Rakennuskohteen- ja projektin laajuudesta johtuen oma osuuteni projektissa rajataan pelkästään julkisivukuvien sekä tiettyjen asennusdetaljien piirtämiseen. Projektiin kiinnitetään useisiin eri osa- alueisiin erilliset omat suunnittelijat. Koska koulutukseni on tätä työtä tehdessä kesken, niin en vielä omaa lain vaatimia suunnittelijan pätevyyskysymyksiä, joita vaaditaan tämänkaltaisen rakennuksen vastuullisessa suunnittelussa. Tästä johtuen tekemäni kuvat ovat niiden valmistumisvaiheessa tarkoitettu lähinnä viitteellisiksi. Kuvista saadaan käsitys siitä millaisiksi rakennuksen julkisivut muodostuvat, mikäli ne päätetään toteuttaa nimenomaisella rakenneratkaisulla. Mikäli hanke etenee toteutusvaiheeseen, voidaan opinnäyte-työtä varten tehtyjä kuvia käyttää hyväksi lopullisessa suunnittelutyössä.

## 2 HANKKEEN LÄHTÖTIEDOT

### 2.1 Tietoa asiakasyrityksestä

Yara on vuonna 1905 perustettu kansainvälinen teollisuusyritys, joka tuottaa ja toimittaa kivennäislannoitteita, teollisuuskemikaaleja ja ympäristönsuojelutuotteita. Toimipaikkoja yrityksellä on yli 50:ssä maassa ja yrityksen pääkonttori sijaitsee Oslolla, Norjassa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2012 oli noin 11 miljardia euroa. /2/

Suomessa Yaralla on neljä tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Kokkolassa, Uudessakaupungissa, Harjavallassa ja Siilinjärvellä. Kokkolan suurteollisuusalueella toimivat Yaran rehufosfaatti- ja kaliumsulfaattitehtaat. Näiden lisäksi Yara toimittaa ja varastoi Kokkolassa ammoniakkia ja fosforihappoa. /1/

Alun perin Kokkolan tuotantolaitokset olivat osa suomalaista Kemira Oyj:tä. Vuonna 2004 Kemiran lannoiteliiketoiminta irtautui Kemira Oyj:stä ja muutti nimensä Kemira GrowHow'ksi. Vuonna 2007 Suomen valtio myi osuutensa Kemira GrowHow:sta Yaralle, jolloin myös Kemiran Kokkolan tuotantolaitokset siirtyivät Yaran omistukseen. /3/

Yara työllistää Suomessa noin 900 henkilöä, joista Yaran Kokkolan tehtaiden osuus on noin 110 henkilöä. Lisäksi Yara työllistää noin 300 urakoitsijaa Suomen eri toimipaikoissa. /2/



**Kuva 1.** Yaran yrityslogo. /16/



## 2.2 Suunnittelutyön lähtökohdat

Vanha rehufosfaattitehdas on rakennettu 1960-luvun alussa ja sen nykyiset julkisivut koostuvat 110 millimetriä paksuista betonikuorielementeistä. Kuorielementit ovat vuosikymmenten kuluessa liikkuneet ja kuluneet huomattavasti. Tulevien vuosien aikana vanhat kuorielementit pyritään asteittain vaihtamaan ja korvaamaan Parocin teräspintaisilla sandwich-elementeillä.

Valintaperusteena uusille teräspintaisille elementeille on niiden suhteellisen alhainen hinta ( $\text{€/m}^2$ ) verrattuna muihin julkisivuratkaisuihin, kuten betonielementteihin. Elementtien rakenteesta johtuen, niiden avulla päästään hyviin tuloksiin niin energiatehokkuuden kuin paloluokituksen saralla. Teräspintaisten sandwich-elementtien etuihin kuuluu myös niiden nopea asentaminen.

Vuonna 2003 yksi ulkoseinän betonielementti irtosi rakennuksen runkopilareista, kun elementin alkuperäiset kiinnitykset pettivät. Tämän tapauksen johdosta viimeisen kymmenen vuoden aikana vanhoja elementtejä on asteittain ankkuroitu paremmin vanhoihin runkorakenteisiin kierretankojen ja teräslevyjen avulla.

Tällä hetkellä rakennukseen seinäelementteihin on kannakoitu jonkin verran putkilinjoja, kaapelihyllyjä yms. Hankkeeseen tullaan kiinnittämään teräsrakennesuunnittelija, jonka tehtävänä on laskea ja suunnitella kannakointi siten, että linjat ja hyllyt tullaan kiinnittämään esimerkiksi rakennuksen runkoon tai sitten kannakointi toteutetaan kokonaan erillisten tukirakenteiden avulla, kumminkin niin, että Paroc-elementtejä ei käytetä hyväksi kannakoinnissa niiden pystysuuntaisen kuormituskestävyyden ollessa melko vähäinen ( $2,5 \text{ kN/m}$ ). /4, 11/

Rakennuksen eteläpuolisen seinän edessä sijaitsee runsaasti erilaisia säiliöitä, kulutasoja ynnä muita esteitä. Tästä johtuen uusien elementtien asentaminen kyseiselle seinälle ja erityisesti sen alemmalle puolikkaalle on erittäin hankalaa ja asentaminen vaatisi runsaasti muiden rakenteiden purkamista ennen kuin elementteihin päästäisiin käsiksi. Kyseisellä seinällä kannattaa harkita vaihtoehtoisia toteutustapoja seinän vaikeimpien kohtien uusimiselle. Yksi vaihtoehto olisi esimer-

kiksi uuden teräs- tai puurungon valmistus ja niihin yhdistettynä jonkin tyyppinen rakennuslevy tai profiilipelti.



**Kuva 2.** Eteläpuolinen seinä.



**Kuva 3.** Tämänhetkisiä kannakointiratkaisuja.

Nykyinen hätäpoistumistie tullaan myös uusimaan siten, että se täyttää tämänhetkiset turvamääräykset tuotantorakennusten osalta. Tähän kiinnitetään projektin yhteyteen oma suunnittelija, joka suunnittelee poistumistien. /5/





**Kuva 4.** Nykyinen hätäpoistumistie.

Tällä hetkellä rakennuksen julkisivut sisältävät myös melko runsaasti valokatelevyjä joiden tarkoitus on se, että niiden kautta tuotantotiloihin saadaan johdettua mahdollisimman paljon luonnonvaloa. Tuotantoprosessin ollessa käynnissä, tuotantotilojen ilmassa on runsaasti pölyä, joten nykyiset valokatteet ovat ajan myötä peittyneet paikoitellen runsaaseen pölyyn eivätkä ne kaikin osin enää täytä käyttötarkoitustaan. Tästä johtuen tulevan saneerauksen yhteydessä tullaan käymään läpi vaihtoehtoisia ratkaisuja valokatteen käyttöä varten. Tuotantotilojen valaistus on suurimmalta osin jo nykyisellään toteutettu keinotekoisesti erillisten valaisimi-

en avulla, joten ulkoseinärakenteisiin tehtävien valokateratkaisujen tarpeellisuutta tullaan selvittämään. /5/

Koska kyseessä on elintarviketeollisuuteen kytköksissä oleva tuotantolaitos, kaikenlaisen lasin käyttö tuotantotiloissa on tarkan valvonnan alla ja sen käyttöä pyritään mahdollisimman pitkälle välttämään. Prosessiin ei saa päästä missään tapauksessa lasia missään muodossa, koska tehtaassa tuotteita käytetään muun muassa eläinrehun valmistukseen. /5/

Tästä johtuen, mikäli ulkoseinien valokatteiden tilalla haluttaisiin käyttää esimerkiksi lasi-ikkunoita, täytyisi niiden olla laminoituja, joka taas nostaisi kyseisen ratkaisun kustannuksia huomattavasti. Nykyisellään rakennus sisältää lasi-ikkunoita ohjaamo-, sosiaali- ja sähkötilojen yhteydessä. Nämä lasit eivät ole suoraan yhteydessä tehtaassa tuotantotiloihin, joten niiden käyttö on viihtyvyyden ja valaistuksen kannalta perusteltua.

Rakennuksen alustavien julkisivukuvien valmistumisen jälkeen kuvista pyydetään tehtaassa henkilöstöltä mielipiteitä, jolloin he pääsevät esittämään omat mielipiteensä ja mahdolliset muutosehdotukset rakennuksen julkisivujen suhteen. Samassa yhteydessä kysytään henkilöstöltä myös mahdollista halukkuutta sijoittaa esimerkiksi ikkunoita tiettyihin osiin tuotantorakennusta. /5/

Ikkunoiden käyttöä vastaan puhuu myös se tosiasia, että tuotantotiloissa oleva runsas pöly saisi ikkunat likaantumaan ja peittymään melko nopeasti, jolloin niiden merkitys valon saattamiseen tuotantotiloihin heikentyy huomattavasti. Suomessa olevien pitkien pimeiden jaksojen johdosta pääosa tilojen valaistuksesta joudutaan joka tapauksessa toteuttamaan keinotekoisesti valaisimien avulla.

### **2.3 Julkisivumateriaalin vaihdon yhteydessä huomioitavat tekijät**

Koska uusi elementtirakenne eroaa huomattavasti nykyisestä, tulisi vaihdon yhteydessä huomioida joitakin eri rakenneteknisiä asioita. Yksi huomioonotettavista tekijöistä on rakennuksen rakenteellisen jäykkyyden ja vakauden mahdollinen muutos. Koska olemassa oleva betonirakenteinen seinärakenne jäykistää rakennuksen runkorakennetta paremmin kuin teräspintainen sandwich-elementti, niin

tämä tulisi huomioida rakennesuunnittelussa. Täytyy siis selvittää, että vaatiiko kuorielementtien vaihdon yhteydessä rakennuksen runkorakennetta jäykistää esimerkiksi uusilla erillisillä teräsrakenteisilla lisärakenteilla.

Nykyisellään rakennuksen runkorakenne edellyttää seinäelementtien osalta verrattain pitkiä jännevälien pituuksia, jotka ovat suurimmillaan 7,8 metriä. Betonielementtien osalta tämä ei ole suuri este, mutta uusille elementeille syntyvät tuulikuormat huomioon ottaen, uudet teräspintaiset sandwich-elementit eivät sovellu hyvin näin pitkille jänneväleille. Teräspintaiset elementit on mahdollista saada kestäämään näin suuriakin jännevälejä, mutta sen edellytyksenä elementtien paksuus kasvaa tässä kohteessa liian suureksi ( $> 200\text{mm}$ ).

Tästä syystä kohteessa päädyttiin siihen tulokseen, että ulkoseinien osalta rakennuksen rungon jännevälit tullaan puolittamaan tekemällä nykyisten betonirunkopilareiden väliin uudet teräspilarit, jolloin elementtien pituus saadaan puolitettua ja paksuus kyetään pitämään käytännöllisen kokoisena. Uusia teräspilareita voidaan käyttää myös hyvin hyödyksi rakennuksen mahdollisen lisäjäykistyksen osalta ja uusia pilareita voidaan käyttää myös tehtaan sisäpuolisia kannakointeja suunniteltaessa hyväksi.

Rakennus sisältää suuria rumpuja, reaktoreita, moottoreita yms. jotka tuotannon ollessa käynnissä aiheuttavat rakennuksessa värinää, joka välipohjien, runkopilareiden- ja palkkien välityksellä välittyy osittain myös seinäelementeille. Tämä tulisi myös mahdollisesti huomioida suunnittelussa ja elementtien kiinnityksissä.

### 3 KUNTOKARTOITUS

#### 3.1 Rakennuksen nykykunto

Suunnittelutyön ensimmäisenä vaiheena oli tehdä silmämääräinen kuntokartoitus rakennuksen julkisivuja sekä runkorakenteita silmälläpitäen ja arvioida niiden tämänhetkistä kuntoa. Mikäli havaintokierroksilla havaittiin jotain puutteita, jotka vaativat välittömiä toimenpiteitä, niin niihin puututtiin sitten asianmukaisesti.

Rakennuksen vanhat seinäelementit ovat vuosikymmenten varrella liikkuneet huomattavasti ja tästä johtuen rakennuksen rungon ja elementtien väliset saumat ovat kasvaneet. Elementtisaumojen silikonimassa on myös pettänyt ja saumat ovat huomattavasti suuremmat kuin niiden tulisi olla.

Tehtaan alkuperäinen piippu sijaitsi tehdasrakennuksen eteläpäädyn yhteydessä ja se aiheutti omalta osaltaan aikanaan huomattavaa liikettä itse tuotantorakennuksessa. Tämä liike lienee mahdollisesti yksi suurimmista tekijöistä sille minkä takia nykyiset betonielementit ovat eläneet niin huomattavasti. Tehtaan tämänhetkinen uusi piippu on rakennettu erillisenä rakenteena rakennuksen kaakkoisnurkalle ja sen myötä rakennuksen liike myös väheni henkilöstön mukaan huomattavasti. /6/

Elementtien liikettä on pyritty estämään injektoimalla rakennuksen runkopilareihin kierretankoja, joiden avulla elementtejä vasten on kiristetty teräslätkiä.

Rakennuksen julkisivut sisältävät myös osuuksia, jotka koostuvat puurungoista, joihin on kiinnitetty valokatelevyjä. Paikoitellen puurungot ovat vuosien varrella heikentyneet siinä määrin, että niitä on vahvistettu ja korjattu tarpeen mukaan.

Rakennuksen eteläpäädyn yhteydessä säilötään sekä käsitellään kemikaaleja ja siellä sijaitsee mm. fosforihapposäiliöitä. Osa rakennuksen alaosissa sijaitsevista betonirakenteista sekä profiilipellityksistä on ollut alttiina näille hapoille sekä kemikaaleille. Ajan kuluessa aineet ovat syövyttäneet ja kuluttaneet osaa rakenteista huomattavasti.

Jälkeenpäin rakennuksen eteläpäädyssä sijaitsevia runkopilareita on mantteloitu valamalla niiden ympärille lisäkerros betonia, mutta paikoitellen kemikaali ovat syövyttäneet pahoin lisäbetonipeitettä.

Rakennuksen sisäpuolella seinäelementtien kiinnitys runkopilareihin on suoritettu hitsaamalla elementtien nurkissa olevat teräslätkät kiinni runkopilareissa oleviin teräskannakkeisiin. Joidenkin elementtien kohdalla alkuperäiset hitsausaumamat olivat haljenneet vuosien varrella aiheutuen mitä luultavimmin elementtien huomattavasti liikkeestä. Myös paljaana olevien teräsosien korroosio on paikoitellen huomattavaa.





**Kuva 5.** Seinäelementtien liikkuminen.



**Kuva 6.** Elementin liikkuminen.





**Kuva 7.** Hapon vaikutus betonielementtiin.





**Kuva 8.** Hapon vaikutus mantteloituun betonipilariin.





**Kuva 9.** Hapon vaikutus seinäpelteihin.



**Kuva 10.** Seinäelementin kiinnityksen hitsauksen halkeilua.





**Kuva 11.** Hitsausten halkeilua.

Muutamissa elementeissä itse elementtien sisällä olleet raudoitteet ovat korneet irti elementin sisältä.



**Kuva 12.** Raudoitusten vaurioita.



### **3.2 Ennaltaehkäisevät toimenpiteet**

Ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä rakennuksen runkopilareihin on injektoitu kierretankoja seinäelementtien jokaisen nurkan kohdalla. Kierretankojen avulla on saatu kiristettyä elementin ulkopintaa varten teräksiset lattaraudat, joiden avulla elementtien kiinnitystä varmistetaan ja liikkumista estetään. Vanhan seinäelementin irtoamisen yhteydessä vuonna 2003 myös pieni osa rakennuksen pohjoisseinästä uusittiin Parocin teräspintaisilla sandwich-elementeillä.

Myös rakennuksen valokatenauhojen puurunkoja on uusittu tarpeen vaatiessa. Osassa kohtaa rakennusta valokateosuuksia on uusittu korvaamalla vanhat valokatelevyt lujalevyillä.



**Kuva 13.** Seinäelementtien lisäkiinnityksiä.

## 4 OHJEET JA MÄÄRÄYKSET

### 4.1 Rakentamismääräyskokoelma

Suomen ympäristöministeriö ylläpitää rakentamismääräyskokoelmaa, jossa esitetään maankäyttö- ja rakennuslaissa määritettyjä vaatimuksia ja edellytyksiä Suomessa rakennetuille rakennuksille. Rakentamiseen kohdistetaan tietyille osaluille raamit, joiden mukaan rakennukset tulisi suunnitella ja valmistaa. /7/

Rakentamismääräyskokoelmassa otetaan kantaa mm. rakennusten eristykseen, energiatalouteen, paloturvallisuuteen ja rakennesuunnitteluun. Yleisesti ottaen määräyksiä on vaadittu noudatettavan pelkästään uusien rakennusten rakentamisessa. Ellei määräyksissä ole määrätty toisin, niin vanhojen rakennusten korjaus- tai muutostöissä sovelletaan määräyksiä pelkästään siinä määrin kuin tehtävien toimenpiteiden laajuus sekä rakennuksen mahdollisesti muuttuva käytötapa on sitä edellyttävä. Määräysten noudattaminen on tarkoitettu joustavaksi siten, että kohteen ominaisuudet ja erityispiirteet voidaan ottaa huomioon. /7/

Määräykset eroavat tietyiltä osin suuresti, oli kyse sitten tuotantorakennuksesta tai asuinrakennuksesta ja sen mukaan, onko kyseessä uudisrakennus vai vanhan saneeraus. Koska tämän työn kohteena on vanha tuotantorakennus, voidaan tietyiltä osin rakentamismääräyskokoelman määräykset jättää huomioimatta. /8/

Voidaan kumminkin sanoa, että vaikka vallitsevat määräykset rakennusten lämmöneristävyyteen eivät koskekaan tätä tuotantorakennusta, niin julkisivumateriaalin vaihdon johdosta kyseisen rakennuksen lämmöneristävyys tulee paranemaan huomattavasti. Nykyisellään betonista valmistetut ohuet kuorielementit eivät sisällä minkäänlaista lämmöneristettä. Näiden tilalle vaihdettavat teräspinta-aiset sandwich- elementit sen sijaan koostuvat suurmaksi osaksi kivivillasta, joka eristää lämpöä hyvin.

Suurin osa tuotantotiloista on ns. kylmää tilaa eikä sinne johdeta erillistä lämpöenergiaa, mahdollista prosessista syntyvää lämpöä lukuun ottamatta. Tässä mie-

lessä rakennuksen ulkokuoren eristävyys paraneminen ei tuota niin suurta hyötyä kuin olisi mahdollista.

Mitä rakennuksen paloturvallisuuteen tulee, ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2005 ohjekokonaisuuden E2, jossa käydään tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuutta ja siihen liittyviä asetuksia. /9/

Tässä tapauksessa kyse on kohteen rakennus- ja muutostöistä, jossa saneerattavan tuotantorakennuksen käyttötarkoitus pysyy muuttumattomana, joka puoltaa ohjeistuksen mukaan sitä, että paloturvallisuutta koskeva uusin määräyskokoelma ei kuitenkaan koskisi kyseistä kohdetta. /10; 11/

Toisaalta tuotantorakennuksen suuruus huomioiden julkisivujen uusiminen on toimenpiteenä niin laaja, että rakennuksen paloturvallisuuteen liittyviä määräyksiä on perusteltua käydä läpi tässä työssä. Viranomaisten päätettävissä on lopullisesti se, että laskettaisiinko kohteessa tehtävät muutostyöt niin laajoiksi ja laadultaan sellaisiksi, että niiden täytyy täyttää kaikki uusimman paloturvallisuutta koskevan määräyskokoelman vaatimukset.

Palovaarallisuusluokaltaan rakennus kuuluu luokkaan 1 eli se sisältää toimintaa, joihin liittyy vähäinen tai kohtuullinen palovaara. Tuotantorakennukset luokitellaan yhteen kolmesta eri suojaustasosta, joiden avulla määritellään se, että minkälaisen sammutus- ja hälytyskaluston rakennus sisältää tai tulee sisältämään. Kyseinen rakennus voidaan luokitella suojaustason 2 mukaiseksi sillä rakennuksen tiloissa on paikallisesti ja hätäkeskukseen automaattisesti ilmoituksen antavia paloilmioittimia sekä se sisältää suojaustason 1 vaatiman alkusammutuskaluston. /9/

Rakennuksen paloluokka määräytyy suurelta osin rakennuksen kerroslukumäärän mukaan kolmeen eri luokkaan. Tässä tapauksessa tuotantorakennus määräytyy automaattisesti P1-luokkaan, koska määräyksien mukaan yli kaksikerroksiset rakennukset tehdään aina P1-luokan vaatimusten mukaisesti. /9/

Koska kyseisen tuotantorakennusten seinäelementit eivät tule olemaan kantavia rakenteita, voidaan kantavien rakenteiden paloluokkavaatimukset ohittaa. Koska elementtien käyttö rajoittuu pelkästään ulkoseiniin, ei niitä tässä tapauksessa las-

keta osastoiviksi rakenteiksi eli niiden avulla rakennusta ei jaeta pienempiin paloalueisiin. /9/

## **4.2 Eurokoodi**

Eurokoodit ovat Euroopan laajuisesti yhteisessä käytössä olevia suunnittelustandardeja, joiden avulla on pyritty yhtenäistämään rakentamiseen liittyvää suunnittelutyötä. Yhtenäisten standardien sekä suunnitteluohjeiden käyttämisellä pyritään myös mahdollistamaan suomalaisten mahdollisuutta toimia ja suunnitella määräykset täyttäviä rakenteita myös kansainvälisellä tasolla. Suomessa eurokoodit julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. /12/

Eurokoodit on jaettu moniin eri pääosiin mm. eri rakennusmateriaalien suhteen. Vaikka monilta osin eurokoodien pääosat ovat kansainvälisesti sisällöltään samanlaisia, niin niiden käytön vaatimuksena on kansallisten liitteiden laatiminen, joissa tiettyihin suunnitteluarvoihin, määräyksiin ja käytäntöihin on tehty tarkennuksia. /12/

## 5 RAKENNESUUNNITTELU

### 5.1 Kuormitusten laskeminen

Koska seinäelementit kestävät melko vähän pystysuuntaista kuormaa (2,5 kN/m), ne täytyy suunnitella itsekantaviksi. Niihin ei siis kyetä kannakoimaan kovin suuria kuormia, joten raskaampien kuormien kohdalla täytyy kannakointi suunnitella tehtäväksi erillisten rakenteiden avulla. /4, 11/

Tällöin ainoat kuormitukset, joita elementteihin kohdistuu ovat niiden omapaino sekä tuulikuorma. Rakennuksen nykyisten runkopilareiden kohdalla jänneväli yhdelle elementille kasvaa suurimmillaan 7,8 metrin pituiseksi. Vanhojen betoni-kuorielementtien paksuus on 110 mm, joten tulevien uusien elementtien paksuus pyritään käytännön syistä pitämään mahdollisimman lähellä alkuperäisten elementtien paksuutta. Paroc tarjoaa valikoimassaan paksuimmillaan 300 mm:ä paksuja elementtejä, mutta tässä kyseisessä rakennuskohteessa yli 200 mm:ä paksut elementit eivät olisi enää järkeviä, koska paksuuden kasvaessa jouduttaisiin rakennuksen muihin rakenteisiin mahdollisesti tekemään muutoksia ulkoseinäpaksuuden kasvaessa alkuperäiseen verrattuna huomattavasti. Myöskään kyseisessä kohteessa elementtien u-arvo sekä palonkesto ei ole ratkaisevia tekijöitä elementin valinnan kannalta. Näistä syistä nykyiset jännevälit tullaan puolittamaan uusien teräspilarien avulla.

Tuulikuorman laskemisessa käytetään Parocin suunnitteluohjeen vaatimuksen mukaisesti uusinta EN-1991-1-4 -standardia. /4, 13/

#### 5.1.1 Puuskanopeuspaineen määrittely

Kuormitusta laskettaessa täytyy ensin määrittää rakennuksen sijainnin perusteella maastoluokka, johon rakennus kuuluu.

Rakennus sijaitsee alle yhden kilometrin päässä merestä, ja maastonmuodot ovat tasaisia rakennuksen ja meren välissä, joten tässä tapauksessa rakennus luokitellaan maastoluokkaan 0.



Kuva A.1. Maastoluokkien kuvaukset.

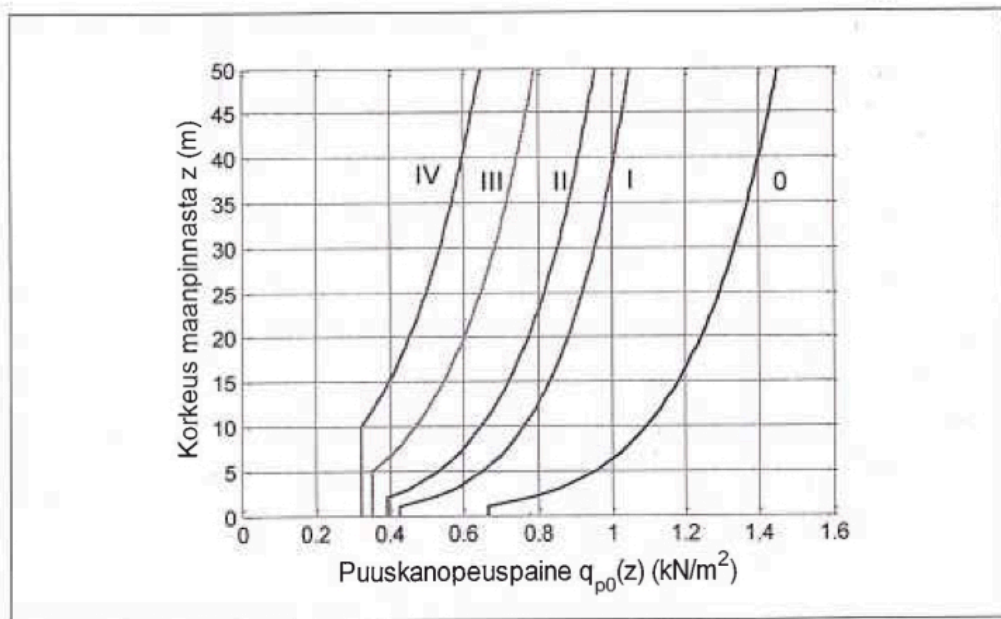
#### Kuva 14. Maastoluokat. /14, 127/

Maastoluokan määrittelyn jälkeen lasketaan tuulen puuskanopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z)$  [ $\text{kN/m}^2$ ] rakennuksen korkeuden mukaisesti, joka tässä tapauksessa on ~31 metriä. Tarkka arvo puuskanopeuspaineelle voidaan laskea maastoluokassa 0 kaavalla: /14, 184/

$$q_{p0}(z) = 0,00893 * \left[ \ln \left( \frac{\max(1,z)}{0,003} \right) \right]^2 + 0,0625 * \ln \left( \frac{\max(1,z)}{0,003} \right) \quad (1)$$

Teoksessa RIL 201-1-2011 on puuskanopeuspaineelle laskettuna valmiit taulukkoarvot maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaan. Kirjasta löytyy lasketut arvot myös kuvaajamuodossa. /14, 132–133/





**Kuva 4.5S.** Nopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z)$  eri maastoluokissa ( $= q_p(z)$  tasaisessa maastossa).

**Kuva 15.** Puuskanopeuspaineen ominaisarvot. /14, 132/

**Taulukko 1.** Puuskanopeuspaineen ominaisarvot. /14, 133/

**Taulukko 4.2S.** Nopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z)$  [kN/m<sup>2</sup>] eri maastoluokissa ( $= q_p(z)$  tasaisessa maastossa).

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

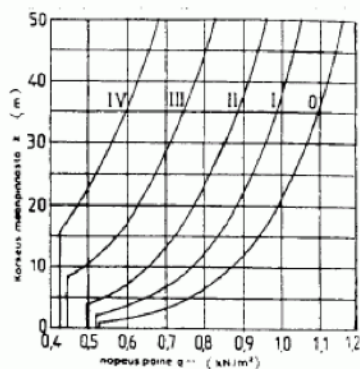


Tässä tapauksessa rakennuksen puuskanopeuspaineeksi  $q_{p0}(z)$  saadaan  $\sim 1,34 \text{ kN/m}^2$ .

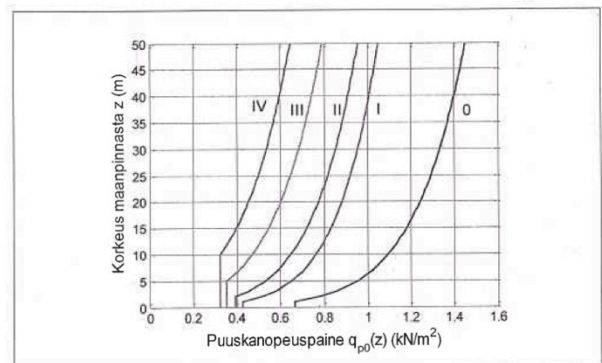
Koska rakennus sijaitsee maastoltaan tasaisella alueella, voidaan maastonmuodon vaikutus puuskanopeuspaineeseen jättää huomioimatta  $\Rightarrow \gamma_D = 1,0$ . Tällöin laskennassa käytetty pinnanmuodon vaikutuksen mukaan modifioitu puuskanopeuspaine on sama kuin puuskanopeuspaineen ominaisarvo. /14, 129–130/

$$q_p(z) = \gamma_D * q_{p0}(z) \quad (2)$$

Vertailun vuoksi, laskettaessa tuulikuormia erityisesti maastoluokaltaan 0 olevalle rakennukselle, syntyy vanhan rakentamismääräyksen (RakMK B1) ja uuden voimassa olevan eurokoodin (EN1991-1-4) välille huomattava eroavaisuus.



Kuva 4.22e. Nopeuspaine  $q$  eri maastoluokissa



Kuva 4.5S. Nopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z)$  eri maastoluokissa ( $= q_p(z)$  tasaisessa maastossa).

**Kuva 16.** Puuskanopeuspaineen vertailu. /21/

Yllä olevasta kuvasta voidaan havaita, että vasemmalla olevat vanhan normin mukaiset puuskanopeuspaineet maastoluokassa 0 tuottaisivat tälle kyseessä olevalle rakennukselle nopeuspaineen arvoksi  $\sim 1,06 \text{ kN/m}^2$ . Ero on siis huomattava vanhan ja uuden normin välillä erityisesti maastoluokassa 0.

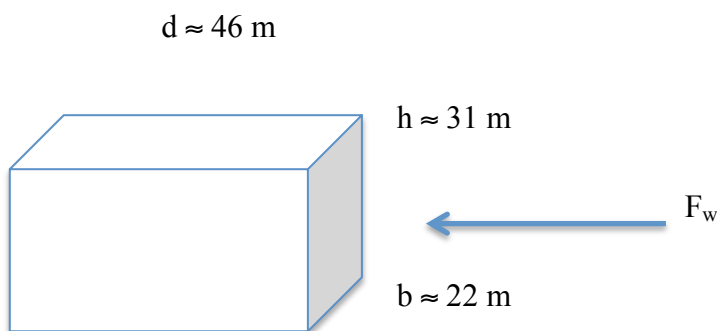
### 5.1.2 Kokonaistuulivoiman laskenta

Kokonaistuulivoiman laskenta voimakertoimen avulla:

Rakennus luokitellaan matalaksi rakennukseksi silloin, kun rakennuksen korkeus on pienempi kuin sen leveys ( $h < b$ ). Tällöin oletetaan, että tuulenpaineella on kaikissa korkeusasemissa rakennuksen harjalla vallitseva arvo.

Korkeiden rakennusten kohdalla ( $h > b$ ) tämä voi toisaalta johtaa siihen, että rakenteiden mitoituksessa päädytään tarpeettoman suuriin tuulikuormiin. Korkeiden rakennusten kohdalla oletetaan, että tuulen nopeus vaihtelee korkeusaseman mukaan ja kokonaistuulivoiman laskentalauseke muuttuu hieman. /14, 136–138/

Rakennuksen päämitat, kun oletetaan, että tuuli  $F_w$  puhaltaa kohtisuoraan rakennuksen päätä kohti:



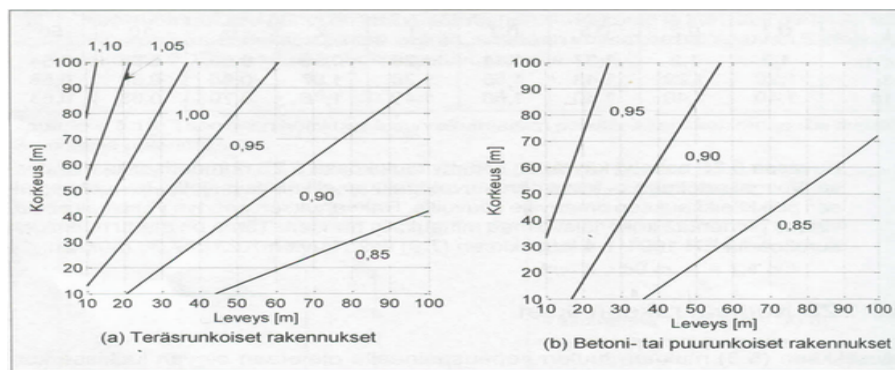
Kokonaistuulivoiman laskentalauseke, kun  $h > b$  (korkea rakennus):

$$F_w(z) = c_s c_d * c_f * q_p(z) * b \quad (3)$$

missä

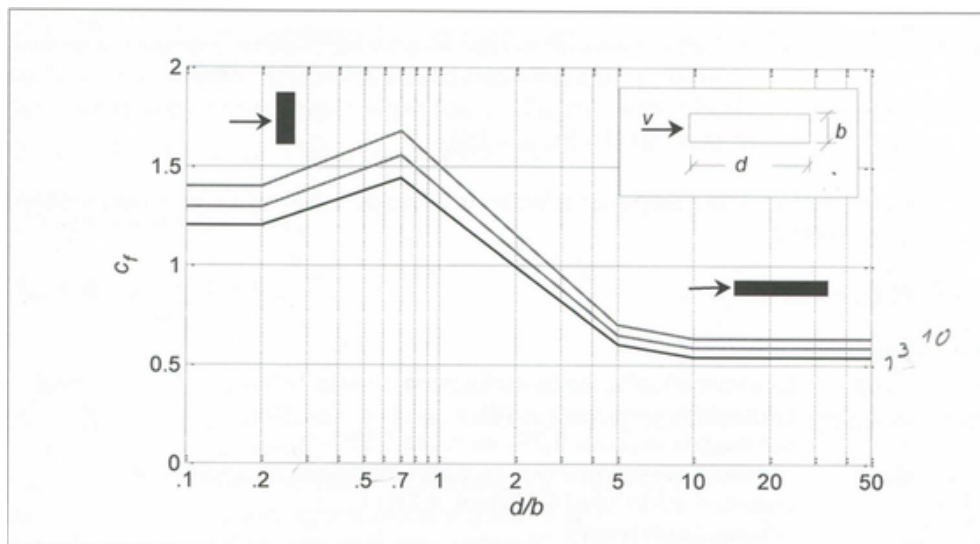
$F_w(z)$  = Tuulivoiman jakautuma korkeussuunnassa (kN/m)

$c_s c_d$  = Rakennekerroin monikerroksisille rakennuksille, joiden pohja on suora-kaide, ulkoseinät pystysuorat sekä jäykkyys ja massa säännöllisesti jakautuneet



**Kuva 17.**  $c_s c_d$ - arvon määrittely. /14, 138/

$c_f$  = Voimakerroin terävsärmäisen suorakaidepoikkileikkauksen omaavalle matalalle tai korkealle rakennukselle rakennuksen sivusuhteen  $d/b$  -mukaisesti



**Kuva 18.**  $c_f$ - arvon määrittely. /14, 137/

$q_p(z)$  = Maaston pinnan muodon mukaan modifioitu nopeuspaine

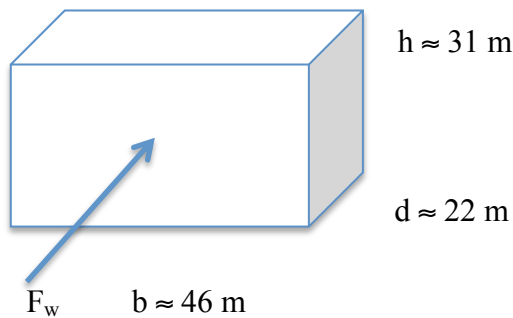
$b$  = rakennuksen leveys

$$\Rightarrow F_w(z) = 0,92 * 1,1 * 1,34 \text{ kN/m}^2 * 22 \text{ m} = 29,8 \text{ kN/m}$$

Yllä oleva voima on laskettu rakennuksen korkeimman korkeusaseman mukaisesti. Muille halutuille korkeusasemille voidaan laskea siihen kohdistuva kuormitus

muuttamalla nopeuspaineen arvoa sen mukaan, mitä korkeusasemaa halutaan tutkia.

Kokonaistuulivoiman laskeminen, kun tuulen oletetaan puhaltavan kohtisuoraa rakennuksen pitkää sivua vasten:



Kokonaistuulivoiman laskentalauseke, kun kyseessä katsotaan olevan matala rakennus ( $h < b$ ).

$$F_w(z) = c_s c_d * c_f * q_p(h) * A_{ref} \quad (4)$$

Kaava on muuten samankaltainen kuin korkeillakin rakennuksilla paitsi, että:

$A_{ref}$  = Tuulikuorman vaikutusala

$q_p(h)$  = Rakennuksen harjan korkeudella määritellyn maaston pinnan muodon mukaan modifioitu nopeuspaine

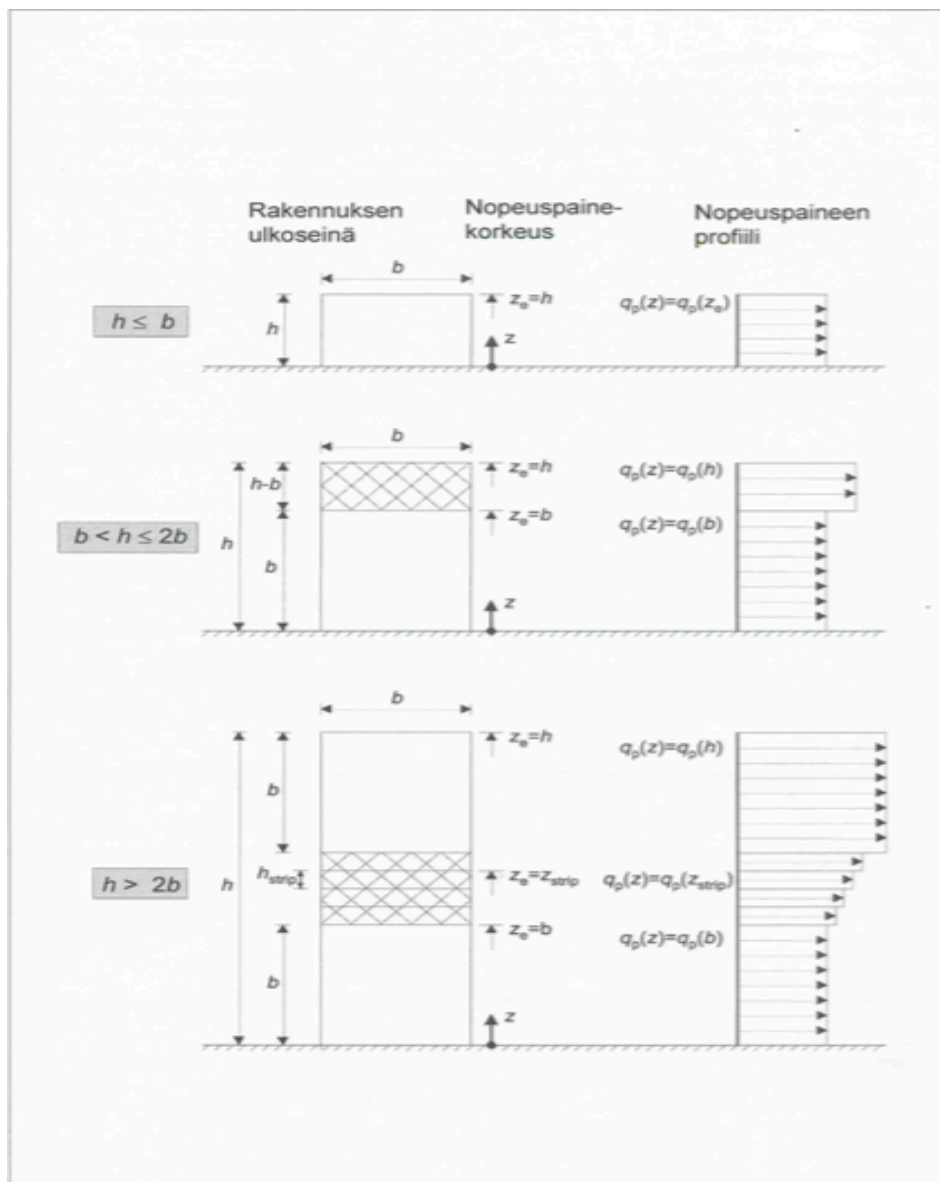
$$\Rightarrow F_w(z) = 0,86 * 1,4 * 1,34 \text{ kN/m}^2 * (46 \text{ m} * 31 \text{ m}) = 2300,65 \text{ kN}$$

### 5.1.3 Tuulikuormien laskeminen painekertoimien avulla

Tarkastellaan rakennukselle syntyviä tuulikuormia tarkemmin nopeuspainekertoimien avulla.

Tarkastellaan tilannetta, jossa tuuli puhaltaa kohtisuoraan rakennuksen pitkää sivua kohti:

Ensiksi tarkistetaan alla olevan kuvan mukaisesti, että pitääkö rakennuksen tuulikuormia käsitellä korkeusaseman suhteen useammassa kuin yhdessä osassa.

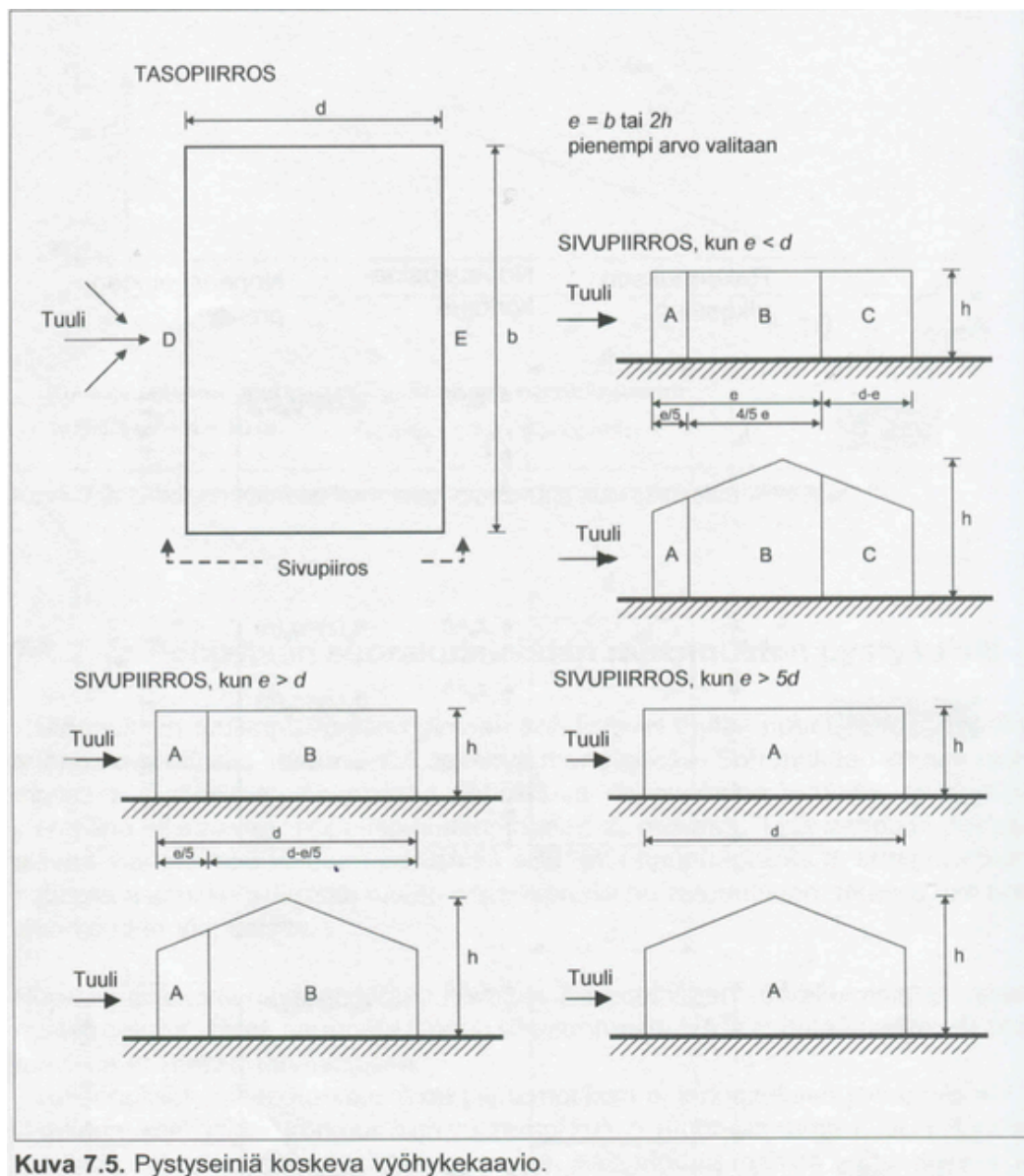


**Kuva 19.** Nopeuspaine korkeuden määrittely. /14, 145/

$$\Rightarrow h \leq b \Rightarrow z_e = h$$

Rakennusta voidaan siis tarkastella korkeussuunnassa yhtenä osana tuulen puhalttaessa sen pitkää sivua vasten.

Seuraavaksi rakennus jaetaan alla olevan kuvan mukaisesti vyöhykkeisiin.



**Kuva 20.** Seinien jako vyöhykkeisiin. /14, 146/

Lasketaan arvo  $e$ , jonka perusteella kolmesta eri sivupiiirroksesta valitaan yksi:

$$\begin{aligned}
 e &= \min \left\{ \begin{array}{l} b \\ 2h \end{array} \right. \\
 &= \min \left\{ \begin{array}{l} 46 \text{ m} \\ 62 \text{ m} \end{array} \right. = 46 \text{ m}
 \end{aligned} \tag{5}$$

Sivupiiirroksen vyöhykejako tehdään siis  $e > d$  – kuvion mukaisesti.

Tässä tapauksessa valitut vyöhykkeet taso- ja sivupiirrosten mukaisesti ovat täten: A, B, D ja E. Ulkoisen paineen arvot asianmukaisille vyöhykkeille saadaan alla olevasta taulukosta:

**Taulukko 2.** Vyöhykkeiden mukaiset painekertoimet. /14, 146/

**Taulukko 7.1.** Ulkopuolisen paineen kertoimet pohjaltaan suorakulmaisten rakennusten pystysuorille seinille.

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
$h/d$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

$$h/d \approx 1,41 \quad (6)$$

Taulukon painekertoimet on jaettu tarkasteltavan rakenteen kuormitusalan koon mukaan. Yllä olevan taulukon arvot  $C_{pe,1}$  ja  $C_{pe,10}$  vastaavan siis yhden ja kymmenen neliömetrin kuormitusalojen painekertoimia. Yhdelle elementille kohdistuva kuormitusala on noin  $10 \text{ m}^2$ , joten taulukosta valitaan  $C_{pe,10}$  -arvo kyseiselle vyöhykkeelle.

Ulkopuolisen paineen  $C_{pe,10}$  -kertoimet vyöhykkeittäin:

$$A = -1,2$$

$$B = -0,8$$

$$D = +0,8$$

$$E = -0,6$$

Sitten tarkastellaan tilannetta, jossa tuuli puhaltaa kohtisuoraan rakennuksen päätä vastaan. Tilanne eroaa yllä olevasta siinä määrin, että kuvion 20 mukaan nyt pätee ehto:

$$b < h \leq 2b$$

Täten rakennusta täytyy tarkastella kahtena eri vyöhykkeenä.

### 1. Osa

$$\begin{aligned} e &= \min \left\{ \begin{array}{l} b \\ 2h \end{array} \right. \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 22 \text{ m} \\ 62 \text{ m} \end{array} \right. \\ &= 22 \text{ m} \end{aligned}$$

Nyt sivupiirroksen vyöhykejako muuttuu  $e < d$  – mukaiseksi.

$$h/d \approx 0,48$$

Ulkopuolisen paineen  $C_{pe,10}$  - kertoimet vyöhykkeittäin:

$$A = -1,2$$

$$B = -0,8$$

$$C = -0,5$$

$$D = +0,8$$

$$E = -0,5$$

### 2. Osa

Ylemmän tarkasteltavan osan korkeus on kuvion 20 mukaisesti 9 metriä.

$$h/d \approx 0,20$$

Ulkopuolisen paineen  $C_{pe,10}$  - kertoimet vyöhykkeittäin:

$$A = -1,2$$

$$B = -0,8$$

$$C = -0,5$$

$$D = +0,7$$



$$E = -0,3$$

Ulkoisten paineiden selvittämisen jälkeen tulee määrittää kertoimet myös sisäiselle paineelle  $c_{pi}$ . Tämä kertoimen tarkka määrittäminen riippuu tarkasteltavan rakennuksen aukkosuhteesta, joka taas määritellään rakennuksen vaipan sisältämien aukkojen koon ja jakautuman mukaan. Mikäli neliömäisen rakennuksen aukkosuhdetta ei pystytä tarkalleen määrittämään, käytetään vaarallisemman vaikutuksen antavaa arvoa kahdesta eri vaihtoehdosta -0,3 tai +0,2. /14, 159/

**Taulukko 3.** Yhteenveto painekertoimista.

Yhteenveto painekertoimista:						
Vyöhyke:		Tuuli pitkää sivua kohden.				
		Ulk. Paine		Sis. Paine		
		Cpe		Cpi		
A		-1,2	-	+0,2	=	-1,4
B		-0,8		+0,2		-1,0
D		+0,8		-0,3		1,1 (paine)
E		-0,6		+0,2		-0,8
		Tuuli pääty kohden.				
	1. Osa	Ulk. Paine		Sis. Paine		
		Cpe		Cpi		
A		-1,2	-	+0,2	=	-1,4
B		-0,8		+0,2		-1,0
C		-0,5		+0,2		-0,7
D		+0,8		-0,3		1,1 (paine)
E		-0,5		+0,2		-0,7
	2. Osa					
A		-1,2	-	+0,2	=	-1,4
B		-0,8		+0,2		-1,0
C		-0,5		+0,2		-0,7
D		+0,7		-0,3		1,0 (paine)
E		-0,3		+0,2		-0,5

Sitten päästään laskemaan tuulen synnyttämiä suunnittelukuormia.

$$W_d = \gamma_d * (C_{pe} - C_{pi}) * q_k \quad (7)$$

$\gamma_d$  = Kuorman osavarmuuskerroin = 1,5

$q_k$  = Tuulikuorman karakteristinen arvo

Tuulen paineen suunnitteluarvot:

Tuuli pitkää sivua kohden:

$$W_{d,D} = 1,5 * 1,1 * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx 2,21 \text{ kN/m}^2$$

Tuuli päätyä kohden:

$$W_{d,D1} = 1,5 * 1,1 * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx 2,21 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,D2} = 1,5 * 1,0 * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx 2,01 \text{ kN/m}^2$$

Tuulen imun suunnitteluarvot:

Tuuli pitkää sivua kohden:

$$W_{d,B} = 1,5 * (-1,0) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -2,01 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,A} = 1,5 * (-1,4) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -2,81 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,E} = 1,5 * (-0,8) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -1,61 \text{ kN/m}^2$$

Tuuli päätyä kohden:

1. Osa

$$W_{d,A1} = 1,5 * (-1,4) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -2,81 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,B1} = 1,5 * (-1,0) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -2,01 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,C1} = 1,5 * (-0,7) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -1,41 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,E1} = 1,5 * (-0,7) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -1,41 \text{ kN/m}^2$$

2. Osa

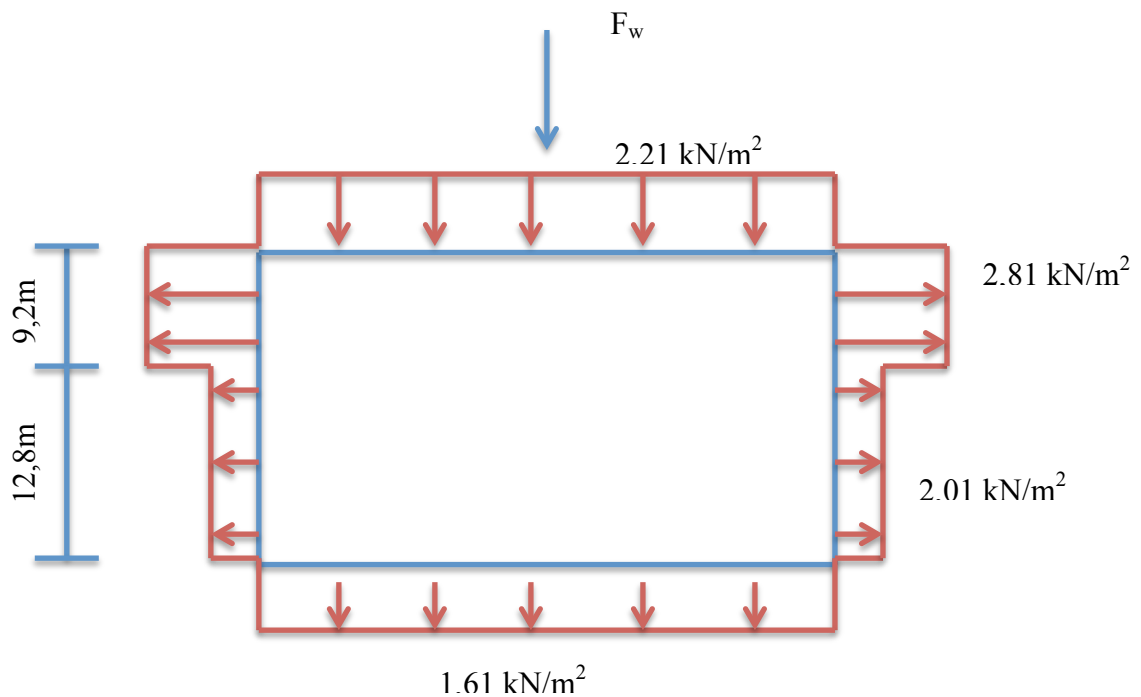
$$W_{d,A2} = 1,5 * (-1,4) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -2,81 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,B2} = 1,5 * (-1,0) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -2,01 \text{ kN/m}^2$$

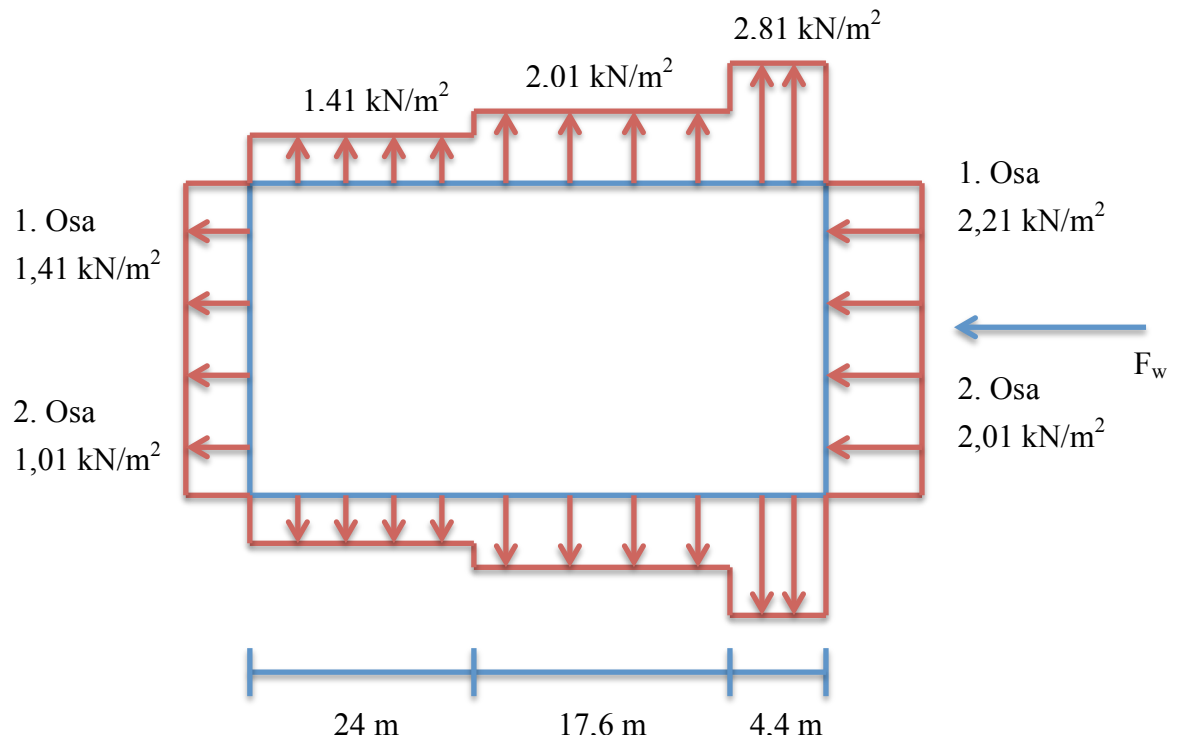
$$W_{d,C2} = 1,5 * (-0,7) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -1,41 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,E2} = 1,5 * (-0,5) * 1,34 \text{ kN/m}^2 \approx -1,01 \text{ kN/m}^2$$

Kaikki yllä olevat tulokset voidaan kasata kuvion 21 avulla seuraavasti:



**Kuva 21.** Tuulikuormat, kun tuuli pitkää sivua kohden.



**Kuva 22.** Tuulikuormat, kun tuuli pääty kohden.

## 5.2 MRT-mitoitus

### 5.2.1 Elementin valinta

Edellä olevan kappaleen laskujen ja saatujen vyöhykekuormien perusteella voitaisiin tietyille rakennuksen osille optimoida erikokoisia ja tyyppisiä elementtejä. Elementit mitoitettaisiin siis vyöhykkeittäin siten, että valitun vyöhykkeen elementti kestää ainoastaan kyseiselle vyöhykkeelle syntyvän maksimikuormituksen.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että alueille, joille tuulikuorma synnyttää pienimmät kuormat, voitaisiin mahdollisesti asentaa ohuempia seinäelementtejä. Kustannuksiltaan suurissa projekteissa tätä voitaisiin erityisesti käyttää hyväksi, mutta tässä opinnäytetyössä mitoitetaan selvyyden vuoksi seinäelementit ainoastaan suurimpien kuormitustapausten mukaan. Tällöin rakennuksen kaikki elementit tulevat olemaan samanlaisia.

Rakennuksen runkopilareiden jänneväli vaihtelee hieman siten, että pisimmän ja lyhimmän jännevälin ero on 250 mm. Mitoituksen kannalta näin pieni ero ei ole

tässä tapauksessa ratkaiseva, joten mitoituksen jännevälinä tulen käyttämään vain pisintä rakennuksessa esiintyvää väliä, joka tulee olemaan 3,9 metriä.

Elementin mitoituksessa käytettävät suunnitteluarvot:

Tuulen paine:

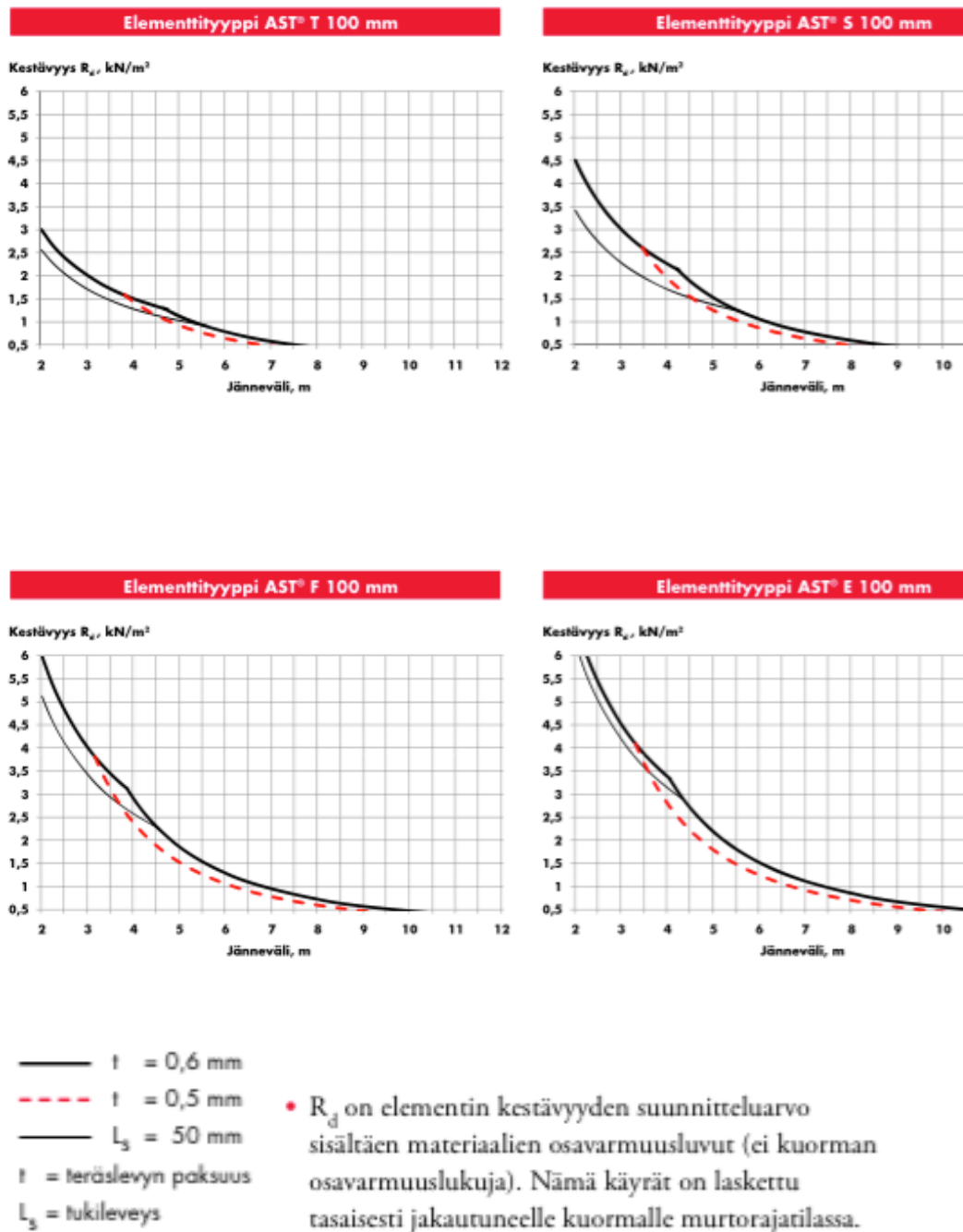
$$W_{d,D} \approx 2,21 \text{ kN/m}^2$$

Tuulen imu:

$$W_{d,A} \approx -2,81 \text{ kN/m}^2$$

Seuraavaksi yllä olevia lukuja hyväksikäyttäen etsitään Parocin elementtien mitoituskäyrästä elementtityyppi ja paksuus, joka kestää kyseiset kuormat. Vanhojen betonikuorielementtien paksuuden ollessa 110 mm:ä, pyritään uudet elementit valitsemaan käytännön syistä siten, että niiden paksuus olisi mahdollisimman lähellä alkuperäisten elementtien paksuutta. Lähimmät elementtipaksuudet joita Paroc valmistaa, ovat 100 ja 120 mm.

Kuva 8b. Jännevälit yksiaukkoisille ulkoseinille, joissa lämpötilaero, elementin paksuus 100 mm.



Kuva 23. Paroc-mitoituskäyrästä 100 mm. /4, 15/

Tuulenpaineen kuormituksen osalta kestävyys määrittää elementin ulkopuolinen pelti. Imun osalta kestävyys määrittää elementin sisäpelti. /4, 30/

Mitoituskäyrästä huomataan, että tyypin AST F -elementti kestää 3,9 metrin jännevälillä ensimmäisenä sille syntyvät kuormat ulkopuolisen peltipaksuuden ollessa 0,5 mm:ä ja sisäpuolisen ollessa 0,6 mm:ä:

$$W_{d,D} \approx 2,21 \text{ kN/m}^2 < 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d,A} \approx \left| -2,81 \text{ kN/m}^2 \right| < 3,1 \text{ kN/m}^2$$

Seuraavaksi tarkistetaan, että elementti kestää oman painonsa. Kyseisen elementin paino on  $21 \text{ kg/m}^2$ . /15/

$$3,9 \text{ m} * 0,21 \text{ kN/m}^2 \approx 0,82 \text{ kN/m}$$

$$0,82 \text{ kN/m} * 1.15 \approx 0,94 \text{ kN/m}$$

$$0,94 \frac{\text{kN}}{\text{m}} < 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

OK!

### 5.2.2 Tukileveys

Tukileveyden täytyy olla vähintään 50 mm. /4, 11–12/

$$L_s = \left( \frac{\gamma_M * F_d}{f_{cc}} \right) - (0,5 * k * e) \quad (8)$$

$L_s$  = Tukileveys

$F_d$  = Tukivoiman suunnitteluarvo [kN/m]

$\gamma_M$  = Kivivillan osavarmuuskerroin puristukselle

$f_{cc}$  = Alkutestauksen perusteella ilmoitettu puristuslujuus

$k$  = jakaumaparametri

$e$  = Pintakerrosten painopisteiden välinen etäisyys [m]

$$L_s = \left( \frac{1,31 * 0,5 * 3,9m * 2,81 \text{ kN/m}^2}{90 \text{ kN/m}^2} \right) - (0,5 * 0,5 * 0,098m) \approx 0,0553 \text{ m}$$

Ylöspäin pyöristyksen jälkeen tukileveytenä tulee olla siis vähintään 60 mm:ä.

### 5.2.3 Kiinnikkeet

Kiinnikkeiden vähimmäismäärä on 2 kpl/elementin pää. /14, 41–42/

$$N = \frac{0,5 * L * b * C_p * q_w}{F_{sall}} \quad (9)$$

N = Kiinnikemäärä / elementin pää

L = Elementin pituus [m]

b = Elementin leveys [m]

C<sub>p</sub> = Paine kerroin imulle

q<sub>w</sub> = Karakteristinen tuulikuorma [kN/m<sup>2</sup>]

F<sub>sall</sub> = Elementtikiinnikkeelle sallittu kuorma [kN]

$$N = \frac{0,5 * 3,9m * 1,2m * (|-1,4| * 1,34 \frac{kN}{m^2})}{1,0kN} \approx 4,4$$

Ylöspäin pyöristyksen jälkeen tarvitaan siis vähintään 5 kiinnikettä / elementin pää.



### 5.3 KRT-mitoitus

#### 5.3.1 Taipuma

Elementin sisä- ja ulkopinnan lämpötilaerosta aiheutuva taipuma: /14, 27–28/

Ulkopinnan lämpötila kesällä riippuu elementin ulkopinnassa käytetystä värisävystä, joka tulee olemaan tässä kohteessa RR40.

**Taulukko 4.** Paroc-elementin ulkopinnan lämpötilat. /4, 27/

**Taulukko 9.** Elementin ulkopinnan väriyhmät, absorptiokertoimet ja ulkopinnan lämpötilat kesäaikaan.

Väriyhmä	Värit	Absorptio-kerroin	Ulkopinnan lämpötila
I	RR20, R106, R108, R143, R807	10–25 %	+55 °C
II	RR21, RR24, RR34, RR40	25–60 %	+65 °C
III	R502, RR23, RR35, RR29, RR41, ruostumaton teräs	60–92 %	+80 °C

Kesällä:

Ulkopinta:  $T_{\text{Ulko}} = +65 \text{ °C}$

Sisäpinta:  $T_{\text{Sisä}} = +25 \text{ °C}$

$$\Delta T = 40 \text{ °C}$$

Talvella:

Ulkopinta:  $T_{\text{Ulko}} = -30 \text{ °C}$

Sisäpinta:  $T_{\text{Sisä}} = +20 \text{ °C}$

$$\Delta T = 50 \text{ °C}$$

Käytetään mitoituksessa suurempaa lämpötilaeroa eli tässä tapauksessa talvikauden lämpötilaeroa.

**Taulukko 5.** Lämpötilaerojen aiheuttamat taipumat. /4, 28/

Jänne- väli, m	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	Taipuma, mm							
		Elementin paksuus, mm							
		80	100	120	150	175	200	240	300
<b>3,0</b>	40	7	6	5	4	3	3	2	2
	55	9	8	6	5	4	4	3	2
<b>4,5</b>	40	15	12	10	8	7	6	5	4
	55	21	17	14	11	10	8	7	6
<b>6,0</b>	40	27	22	18	14	13	11	9	7
	55	38	30	25	20	17	15	12	10
<b>7,5</b>	40	42	34	28	22	20	17	14	11
	55	59	47	39	31	27	23	19	15
<b>9,0</b>	40	61	49	40	32	28	24	20	16
	55	85	68	57	44	39	33	28	22

Interpoloidaan yllä olevan taulukon avulla lämpötilaerosta aiheutuva taipuma.

$$k = \frac{8 - 17}{3,0 - 4,5} = 6$$

$$y_2 - y_1 = k * (x_2 - x_1)$$

$$y_2 = 6 * (3,9 - 4,5) + 17 = 13,4 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

Tasaisesti jakautuneen kuorman aiheuttama taipuma:

Käyttörajatilassa tasaisesti jakautuneen tuulikuorman osalta tarkoitetaan sitä kuormaa, joka arvioidaan syntyvän muutaman kerran vuodessa. Toisin kuin itse elementin mitoituksessa, jossa kuorman suuruutena käytetään yleensä sitä kuormaa, joka arvioidaan toteutuvan kerran 50 vuodessa. /4, 28/

**Taulukko 6.** Tuulikuorman suuruus. /4, 28/**Taulukko 12.** Tuulikuorma tuulen nopeuden funktiona.

Tyyppi	Tuulen nopeus ja tuulikuorma	
	Nopeus, m/s	Kuorma, kN/m <sup>2</sup>
Heikko tuuli	3–5	0,01
Navakka tuuli	8–11	0,05
Kova tuuli	14–17	0,15
Myrsky	24–28	0,42
Hirmumyrsky	33	0,70

Tässä tapauksessa arvioidaan, että tuulikuorman suuruus on  $0,42 \text{ kN/m}^2$ .

**Taulukko 7.** Tasaisesti jakautuneen kuorman aiheuttama taipuma. /4, 28/

**Taulukko 11.** Tasaisesti jakautuneen kuorman aiheuttama taipuma.

Jänneväli, m	Kuorma, $\text{kN/m}^2$	Taipuma, mm							
		Elementin paksuus, mm							
		80	100	120	150	175	200	240	300
3,0	0,1	1	1	1	1	1	1	1	0
	0,3	2	2	1	1	1	1	1	0
	0,6	4	3	2	2	1	1	1	1
	1,0	7	5	4	3	2	2	2	1
4,5	0,1	2	2	1	1	1	1	1	0
	0,3	7	5	4	3	2	2	1	1
	0,6	15	10	8	5	4	3	3	2
	1,0	-	17	13	9	7	6	4	3
6,0	0,1	7	5	3	2	2	1	1	1
	0,3	20	14	10	7	5	4	3	2
	0,6	38	25	20	13	11	8	6	4
	1,0	-	-	33	22	18	14	10	7
7,5	0,1	15	10	7	5	4	3	2	1
	0,3	46	30	21	14	11	9	6	4
	0,6	-	-	43	28	22	17	13	9
	1,0	-	-	-	47	37	29	21	15
9,0	0,1	30	20	14	9	7	5	4	3
	0,3	-	57	42	27	21	16	12	8
	0,6	-	-	-	55	43	32	23	16
	1,0	-	-	-	-	71	54	39	26

Käytetään varmuuden lisäämiseksi 4,5 metrin jännevälin ja kuorman  $0,6 \text{ kN/m}^2$  luomaa taipumaa, joka on käytetyllä elementtipaksuudella 10 mm.

### 5.3.2 Kuormitusyhdistelmät

Tuuli- ja lämpötilakuorman yhdistelmät ovat: /14, 10/

$$W_d = 1,0 * w_{tuuli} \quad (10)$$

$$W_d = 0,75 * w_{tuuli} + 0,6 * w_{lämpötila} \quad (11)$$

$$W_d = 0,75 * 0,6 * w_{tuuli} + 1,0 * w_{lämpötila} \quad (12)$$

Taipumarajoitus on  $L/100$ , jossa  $L$  on jänneväli. /4, 10/

$$w_{d1} = 1,0 * 10 \text{ mm} = 10 \text{ mm} \Rightarrow \frac{\frac{L}{3900 \text{ mm}}}{10 \text{ mm}} = \frac{L}{390}$$

$$w_{d2} = 0,75 * 10 \text{ mm} + 0,6 * 14 \text{ mm} = 15,9 \text{ mm} \Rightarrow \frac{\frac{L}{3900 \text{ mm}}}{15,9 \text{ mm}} = \frac{L}{245}$$

$$w_{d3} = 0,75 * 0,6 * 10 \text{ mm} + 1,0 * 14 \text{ mm} = 18,5 \text{ mm} \Rightarrow \frac{\frac{L}{3900 \text{ mm}}}{18,5 \text{ mm}} = \frac{L}{211}$$

$$\frac{L}{211} < \frac{L}{100}$$

OK!

#### 5.4 Yhteenveto

Kohteessa käytettäväksi elementiksi valitaan vakavimpien kuormitustapausten mukaan mitoitettu elementti:

Jänneväli suurimmillaan:	3900 mm
Tyyppi:	Paroc AST F
Väri:	RR40 Metallic Silver (PVDF)
Paksuus:	100 mm
Ulkopinnan teräslevyn paksuus:	0,5 mm
Sisäpinnan teräslevyn paksuus:	0,6 mm
Tukileveys elementin päissä vähintään:	60 mm
Kiinnikkeiden määrä / elementin pää:	5 kpl
Elementin taipuma suurimmillaan:	18,5 mm

Kyseinen elementtivalinta pätee siis yksiaukkoiselle elementille, joka itsessään ei sisällä minkäänlaisia läpivientejä/aukkoja. Mikäli kohteessa tulee käytettäväksi elementtejä, joihin täytyy tehdä aukkoja, niin niiden vaikutusta täytyy tarkastella tapauskohtaisesti elementin kestävyyyteen. Mahdollisesti aukotetun elementin kuormia voidaan joutua johtamaan sen vieressä oleville elementeille erilaisten lisärakenteiden avulla. Elementin maksimi taipuma tulee huomioida tarkempia asennusdetaljia suunniteltaessa.

## 6 JULKISIVUSUUNNITTELU

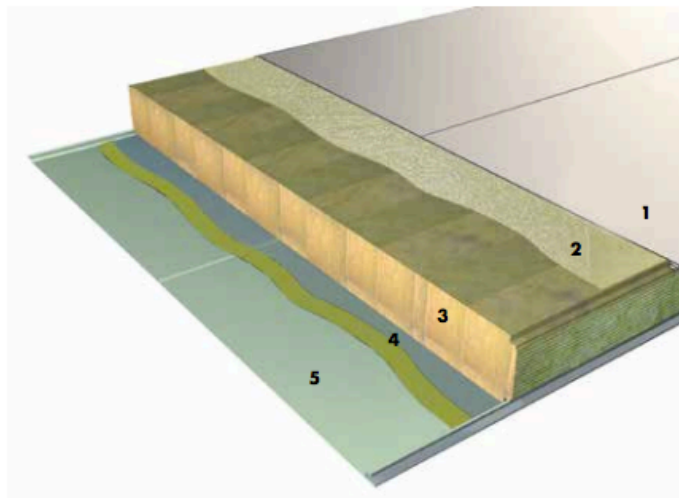
### 6.1 Parocin teräspintainen sandwich-elementti

Materiaalina teräspintainen sandwich-elementti kuten moni muukin, sisältää sekä huonoja, että hyviä puolia. Ehdottomiin hyviin puoliin kuuluu elementin asennuksen verrattainen helppous, jonka osasyinä on elementtien keveys ja helppo käsiteltävyys. Myös valmistajan käyttämät tavallisimpia elementtisovelluksia koskevat yksityiskohtaiset ja vakiintuneet asennusohjeet sekä patentoidut työkalut, kiinnikkeet yms. helpottavat elementtien asennusta ja käyttöönottoa.

Asentamisvaiheen nopeus perustuu omalta osaltaan myös siihen, että arkkitehtikuvien pohjalta kyetään luomaan yksityiskohtainen asennuskaavio, jossa kukin asennettava elementti on numeroitu ja yksilöity siten, että asennusvirheet saadaan minimoitua. Kaaviosta käy myös ilmi oikea asennusjärjestys elementeille. Tämän ohella pakkaussuunnitelman teko tehtaalla mahdollistaa sen, että elementit pakataan kuljetettavaksi jo valmiiksi siinä järjestyksessä, jossa ne työmaalla tullaan asentamaan. /19/

Rakenteiden keveydestä huolimatta elementeillä saavutetaan riittävät paloluokitusta- ja energiatehokkuusvaatimukset jo ohuilla elementtipaksuuksilla. Syynä tähän on itse elementin rakenteellinen koostumus, joka sisältää suuren osuuden paksuudesta kivivillaa. Myös elementtien kylmäsillaton rakenne tekee sen, että elementtien lämpötekniset ominaisuudet voidaan määritellä tarkasti.

Huonona puolena mainittakoon tässäkin työssä ilmi tullut ongelma eli jännevälien kasvaessa suureksi kasvaa itse elementtien paksuuskin melko suureksi.



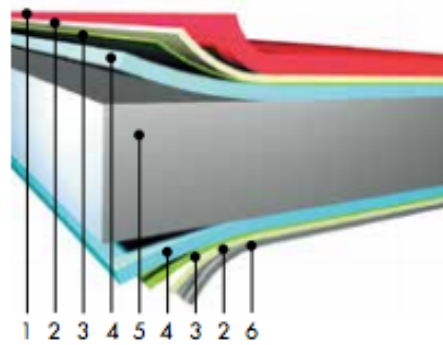
- 1 Sinkkipinnoitetut teräsohutelevyt, joissa uloin pinnoite käyttöympäristön vaatimusten mukaan.
- 2 Erikoisliima, joka täyttää AST®-laadulle asetetut vaatimukset lujuuden ja pitkäaikaiskestävyyden suhteen sekä täyttää elementtien eurooppalaisen palamattomuusluokituksen A2-s1,d0. Elementin pinnat on liimattu ytimeen kauttaaltaan.
- 3 Palamattomista (A1) PAROC structural -kivivillalammelleista valmistettu ydin tarjoaa samanlaiset lujuusominaisuudet jokaisessa elementin poikkileikkauksessa.
- 4 Monikerrospohjamaalaus varmistaa liiman ja sinkityn teräsohutelevyn välisen liimasidoksen pysyvyyden.
- 5 Paloturvallisen ponttirakenteen ansiosta elementtirakenteet ovat tiiviitä kuumia savukaasuja vastaan ja niillä saavutetaan jopa neljän tunnin (EI 240) palonkestävyys.

**Kuva 24.** Paroc-sandwichelementin koostumus. /4, 4/

EU-alueella on käytössä teräspintaisia sandwich-elementtejä koskevia laatustandardeja, joissa määritellään tarkasti kyseiselle rakennetyypille vaaditut lujuus-, ympäristö-, energiatehokkuusvaatimukset, joita eri valmistajien tulee noudattaa. Sertifioidut ja hyväksytyt ratkaisut varmistavat omalta osaltaan turvallisten ja kestävien rakenneratkaisujen luonnin. /17/

Erilaisten pintamateriaalien ja pinnoitteiden valinta mahdollistaa sen, että elementtejä voidaan käyttää monipuolisesti eri rakennuskohteissa. Elementteihin kohdistuu käyttökohteesta riippuen monia erilaisia rasituksia kuten sää-, kemikaali tai kuormarasituksia. Näitä tekijöitä voidaan hallita valitsemalla elementteihin asianmukaiset rakennemateriaalit ja paksuudet, kuin myös pinnoitteet.

- 1 Muovipinnoite
- 2 Pohjamaali
- 3 Passivointikerros
- 4 Sinkki
- 5 Teräs
- 6 Epoksinpinnoite



**Kuva 25.** Paroc-sandwichelementin pintalevyjen koostumus. /4, 5/

Tämän lisäksi elementtejä on mahdollista saada useilla eri värivaihtoehtoilla ja pintakuviolla, joten arkkitehtuurin ja rakennuksen ulkonäön kannalta on mahdollista luoda helpommin massasta erottuvia ja yksilöllisiä kokonaisuuksia. /18/



## 7 KUSTANNUSARVIO

Tämän opinnäytetyön kustannusarvio sisältää pelkästään julkisivusaneeraukseen liittyvien seinäelementtien ja niihin suoraan liitoksissa olevien materiaalien kustannukset. Arviossa käydään tosin läpi eri työvaiheita, mitä projektiin kuuluu, mutta sen tarkemmin työn kustannuksiin ei oteta kantaa eikä myöskään mahdollisiin muihin lisäkustannuksiin, joita projektiin sisältyy.

Tiettyjen materiaalien osalta tulee huomioida, että hinta-arviot ovat peräisin vuoden 2014 kesältä, ja koska projektin toteutuessa se tullaan tekemään usean vuoden aikana pienemmissä osissa, niin kustannusvaihtelut ovat todennäköisiä. Tästä syystä todettakoon, että laskelmat ovat projektin tässä vaiheessa arvioita ja niiden tarkoitus on vain antaa yleiskuva siitä, millaisella kustannustasolla projektissa liikutaan.

Arviossa on myös laskettu se, että Paroc-elementit vaativat itsessään erillisen sokkelin, joka tässä kohteessa toteutetaan samalla periaatteella kuin vuonna 2003 uusitus seinän pätkässä. Sokkelielementtinä tulee toimimaan siis betonisandwich-elementti.

### 7.1 Määräluettelo

Uusittavaa seinäpinta-alaa kohteessa:	3 700 m <sup>2</sup>
Teräspintaisten sw-elementtien osuus:	3 250 m <sup>2</sup>
Uutta teräspilaria nykyisten jännevälien puolittamiseksi:	21 500 kg
Huolto- ja käyntiovet:	9 kpl
Uudet betonisokkelielementit:	200 m <sup>2</sup>
Tiettyihin seinäosuuksiin esim. puurunko + pellitys/levytys:	160 m <sup>2</sup>
Ikkunat:	28 kpl

## 7.2 Materiaalien kustannusarvio

Nimike:	Yksikköhinta (ALV 0%):		Yhteensä:
Paroc AST F 100 mm	39,5 €/m <sup>2</sup>	/20/	128 375 €
Paroc- tarvikkeet	5 €/m <sup>2</sup>	/20/	16 250 €
Paroc- rahti	2,5 €/m <sup>2</sup>	/20/	8 125 €
Paroc- mahd. kulj. vauriot	1,2 €/m <sup>2</sup>	/20/	3 900 €
Betonisokkelielementti	280 €/m <sup>2</sup>		56 000 €
Teräspilarit	5 €/kg		107 500 €
Uudet huolto- ja käyntiovet	750 €/kpl		6 750 €
Puurunko + pellitys/levytys	50 €/m <sup>2</sup>		8 000 €
Ikkunat	300 €/kpl		8 400 €
Uusi hätäpoistumistie asennettuna			<u>120 000 €</u>
		Yhteensä:	463 300 €

## 7.3 Saneerauksen työvaiheita

Eri työvaiheiden määrä projektissa on suuri, joten työn osuus kustannuksista tulee olemaan tämän myötä huomattava. Yksikkökustannuksiin sen enempää kantaa ottamatta alla olevan luettelon on tarkoitus vain tuoda esiin eri työvaiheita, joita projektiin sisältyy. Tarkempaa kustannuslaskelmaa tehdessä eri työvaiheiden lisätaut helpottaa arvon tekemistä.

- Vanhojen betonikuorielementtien purku
- Runkopilareiden ja palkkien mahdollinen hiekkapuhallus tai korjaus
- Maanrakennustyöt
- Nostotyöt

- Uusien sokkelielementtien asennus
- Timanttiporaukset ja sahaukset
- Jätteiden hävitys
- Paroc-elementtien asennus
- Paroc-elementtien listoitus yms. oheistyöt
- Puurunkojen teko + pellitys/levytys
- Ovien ja ikkunoiden asennus
- Palonkatkotyöt ym. eristystyöt
- LVIS-muutostyöt
- Suunnittelutyöt (teräsosat, kannakoinnit, läpiviennit jne.)
- Työnjohto
- Alihankintatyöt

## 8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin Yara Suomi Oy:n Kokkolassa sijaitsevan rehufosfaattitehtaan uudet julkisivukuvat AutoCAD-ohjelmistolla. Uusien julkisivukuvien tekemisen edellytyksenä tehtiin myös rakennelaskelmat koskien tuotantorakennuksen uusia julkisivuelementtejä. Näistä elementtiratkaisuista tehtiin myös periaatedetaljikuvia yleisimmistä projektissa vastaan tulevista rakenteista. Uusien julkisivukuvien perusteella voitiin tehdä myös alustava materiaalien hinta-arvio saneerauskokonaisuutta koskien.

Nykyisten julkisivuelementtien ollessa elinkaarensa lopussa, työn tekemiselle oli tilaajan puolelta todellinen tarve, joka lisäsi itsessään motivaatiota työn suorittamiseen. Projektin aloituskokouksessa käytiin läpi pääpiirteittäin asiat, jotka saneeraustyön tavoitteena ovat. Kokouksessa rajattiin myös oma osuuteni työn suorittamisesta. Tämän jälkeen työn suorittaminen oli suurelta osin itsenäistä työskentelyä, johon sisältyi niin kentällä tehdasoloissa työskentelyä kuin toimistotyötä laskelmien ja kuvien teon osalta.

Tuotettujen alustavien julkisivukuvien ja detaljikirjaston pohjalta voidaan projektin edetessä tuottaa täydentäviä kuvia ja asiakkaan toiveiden mukaisesti julkisivukuvia voidaan jalostaa toimivammiksi. Tuotetut julkisivukuvat tulevat osittain täydentymään viimeistään siinä vaiheessa, kun tiettyjen osa-alueiden, kuten läpivientien, ikkunoiden, ovien, hätäpoistumistien yms. osalta suunnitelmat varmistuvat.

Julkisivusaneeraus tarjoaa hyvän mahdollisuuden poistaa osaltaan tarpeettomaksi tulleita vanhassa julkisivussa olevia ratkaisuja ja toisaalta lisätä tehtaan paremman toimivuuden kannalta esimerkiksi uusia huolto- ja nosto-ovia. Kuvat tuotettiin senhetkisen tiedon nojalla, joka oli saatavilla ja sellaisena niitä tulee käsitelläkin. Kuvat tullaan luovuttamaan asiakkaalle, joka voi käyttää niitä esimerkiksi referenssinä lopullisia kuvia silmälläpitäen.

Projektin tiimoilta pidettiin seurantakokouksia, joissa käytiin läpi työn edistymistä ja asiakkaan toiveita julkisivujen osalta. Suunnitteluprosessi kokonaisuudessaan oli hyvin opettava ja mielenkiintoinen, koska vastaavanlaisesta projektityökentelystä minulla ei ennestään ollut käytännön kokemusta. Vaikkakin oma osuuteni projektissa parissa käsittää hyvin pienen osuuden projektin kokonaiskestosta ja -laajuudesta.

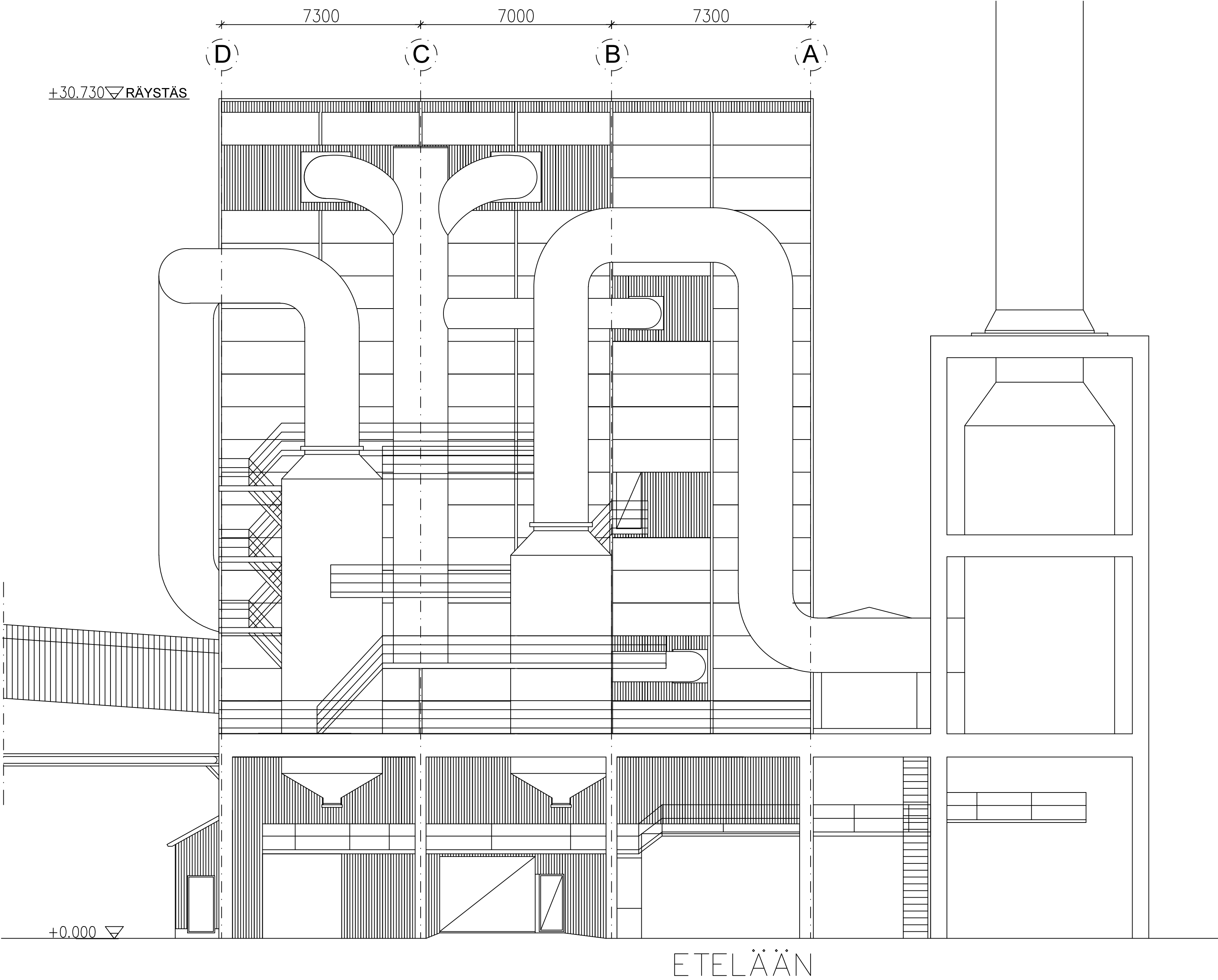
Suunnittelussa vastaan tulleet ongelmat ja niiden ratkaiseminen lisäsi omalta osaltaan niin haastetta, kuin mielenkiintoakin työn tekoa kohtaan. Rakennuskohteen suuri koko huomioonottaen, työn määrä, joka valmiiseen lopputulokseen vaadittiin, oli huomattava vaikka tuloksena ei olekaan kuin alustavat julkisivukuvat ja periaatedetallikokonaisuus.

## LÄHTEET

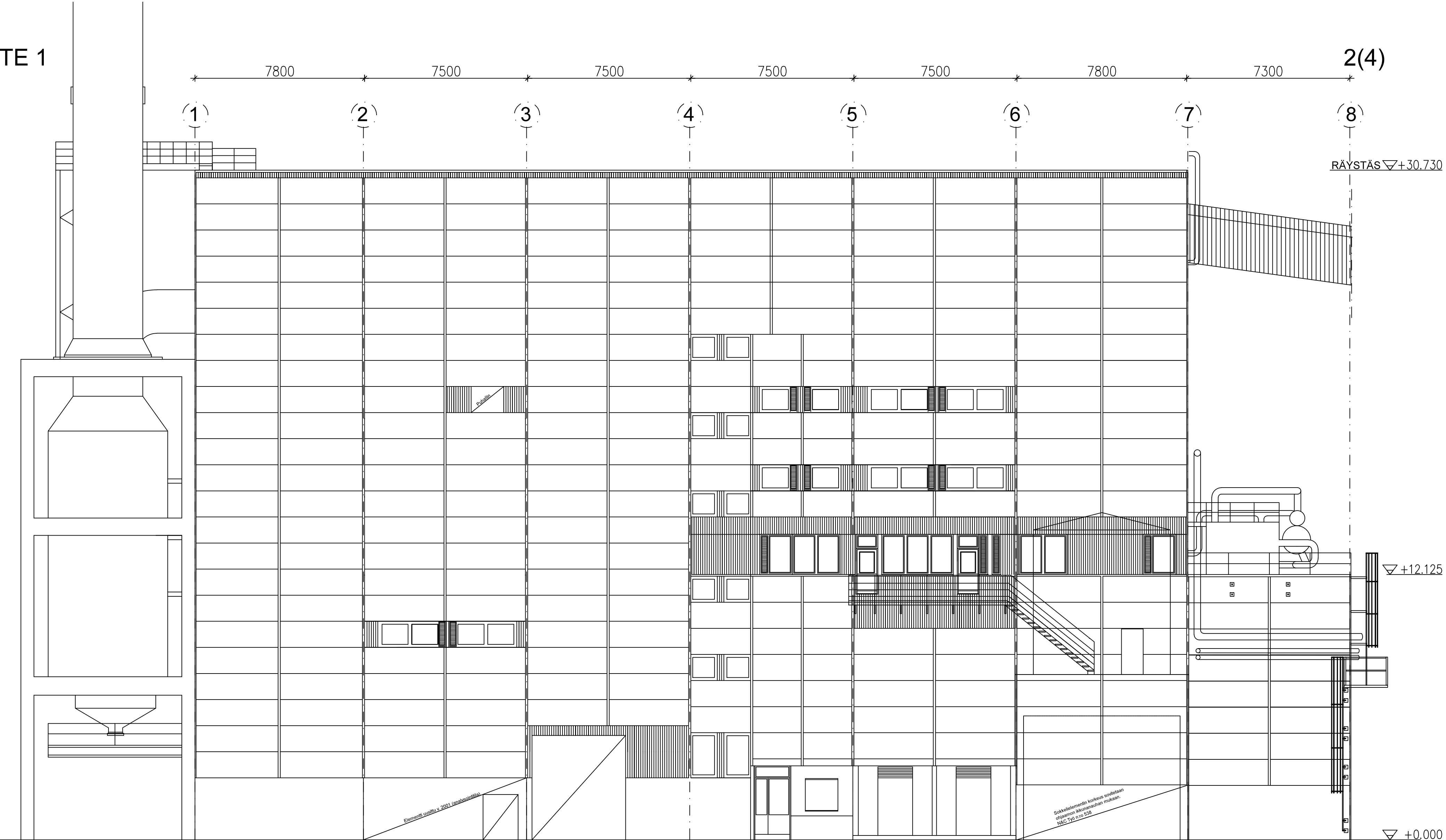
- /1/ Yara Suomen tuotantolaitokset. Yara Suomen verkkosivut. Viitattu 2.7.2014. <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-global/production-sites/>
- /2/ Yara lyhyesti. Yara Suomen verkkosivut. Viitattu 2.7.2014. <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-global/yara-at-a-glance/>
- /3/ Yara Suomen historia. Yara Suomen verkkosivut. Viitattu 3.7.2014. <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/historia.aspx>
- /4/ Suunnitteluohje. Paroc- elementtiratkaisut. 2014. Paroc Group Oy. Viitattu 16.6.2014. <http://www.paroc.fi/~media/Files/Brochures/Finland/Technical-Guide-Paroc-Panels-FI.ashx>
- /5/ Rantakangas, V. Tuotantopäällikkö. Yara Suomi Oy, Kokkolan tehtaات. Projektin aloituskokous 11.6.2014.
- /6/ Brandt, P. Kunnossapitokoordinaattori. Yara Suomi Oy, Kokkolan tehtaات. Projektin seurantakokous 21.8.2014.
- /7/ Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön verkkosivut. Viitattu 20.10.2014. [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)
- /8/ Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön verkkosivut. Rakennusten energiatehokkuus. Viitattu 20.10.2014. [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf)
- /9/ Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön verkkosivut. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet. Viitattu 21.10.2014. <http://www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf>
- /10/ Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön verkkosivut. Rakennusten paloturvallisuus. Viitattu 21.10.2014. [http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1\\_2011-fi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf)
- /11/ Ympäristöministeriön julkaisut ympäristöoppaissa. Ympäristöministeriön verkkosivut. Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjauskäytäntöissä (30.5.2003). Viitattu 21.10.2014. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/40357>
- /12/ Eurokoodit. Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry:n verkkosivut. Esite eurokoodeista. Viitattu 23.10.2014. [http://www.sfs.fi/files/309/SFSEuroKosite27062014\\_\(2\)1.9.2014.pdf](http://www.sfs.fi/files/309/SFSEuroKosite27062014_(2)1.9.2014.pdf)



- /13/ Suomen Standardisoimisliitto SFS. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2. painos.
- /14/ Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. RIL201-1-2011: Suunnittelupe-  
rusteet ja rakenteiden kuormat.
- /15/ Tuoteominaisuudet. Tuoteominaisuudet - PAROC-sandwichelementit. Vii-  
tattu 4.1.2015.  
[http://www.paroc.fi/~media/files/brochures/finland/product-properties-  
paroc-panels-fi.ashx](http://www.paroc.fi/~media/files/brochures/finland/product-properties-paroc-panels-fi.ashx)
- /16/ Yritysllogo. Yara International ASA.  
[http://yara.com/media/multimedia\\_library/logo/index.aspx](http://yara.com/media/multimedia_library/logo/index.aspx)
- /17/ AST- laatu sandwich- elementeissä. Paroc Group Oy:n verkkosivut. Viitat-  
tu 2.1.2015. [http://www.paroc.fi/ratkaisut-  
tuotteet/Ratkaisut/sandwichelementit/ast-laatu-sandwichelementeissa-](http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/Ratkaisut/sandwichelementit/ast-laatu-sandwichelementeissa-)
- /18/ PAROC- elementtimallisto. Paroc Group Oy:n verkkosivut. Viitattu  
5.1.2015. [http://www.paroc.fi/ratkaisut-  
tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/paroc-elementtimallisto](http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/paroc-elementtimallisto)
- /19/ PAROC- sandwichelementtien asentaminen. Paroc Group Oy:n verkkosi-  
vut. Viitattu 5.1.2015. [http://www.paroc.fi/ratkaisut-  
tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/elementtiasennus](http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/elementtiasennus)
- /20/ Saarela, A. Paroc- panel system myyntiedustaja. Puhelinhaastattelu.  
28.5.2014
- /21/ Jarno Berghäll. Miten Eurokoodien voimaantulo vaikuttaa rakennesuunnit-  
teluun? Viitattu 24.10.2014.  
[http://www.fise.fi/index.php?\\_\\_EVIA\\_WYSIWYG\\_FILE=12674&name=](http://www.fise.fi/index.php?__EVIA_WYSIWYG_FILE=12674&name=file)  
file



k.osa / stadsdel		korttel / kvarter		tontti / tomt		arkistomerk / arkivant	
toimenpide / åtgärd		JULKISIVUSANEERAUS		piirustustyyppi / ritningstyp		JULKISIVUPIIRUSTUS	
juoks. no / löp. nr		kohteen nimi ja osoite / objektets namn och adress		YARA KOKKOLA/REHUFOSFAATTITEHDAS		sijainti / innehåll	
Kemirantie 1		67100 KOKKOLA		JULKISIVUKUVA ETELÄÄN		1:200	
suunn. / plan. nro. / ark. nr		työ no / arb. nr		piir. no / ritn. nr		muutos / änd.	
piir. / rit.		suunn. / plan.		TV		Opinnäytetyö	
pvm / dat.		27.1.2015		tark. / insp.		TV	
yhteyshenkilö / kontaktp.		Teemu Vuolle		Insinööriopiskelija			



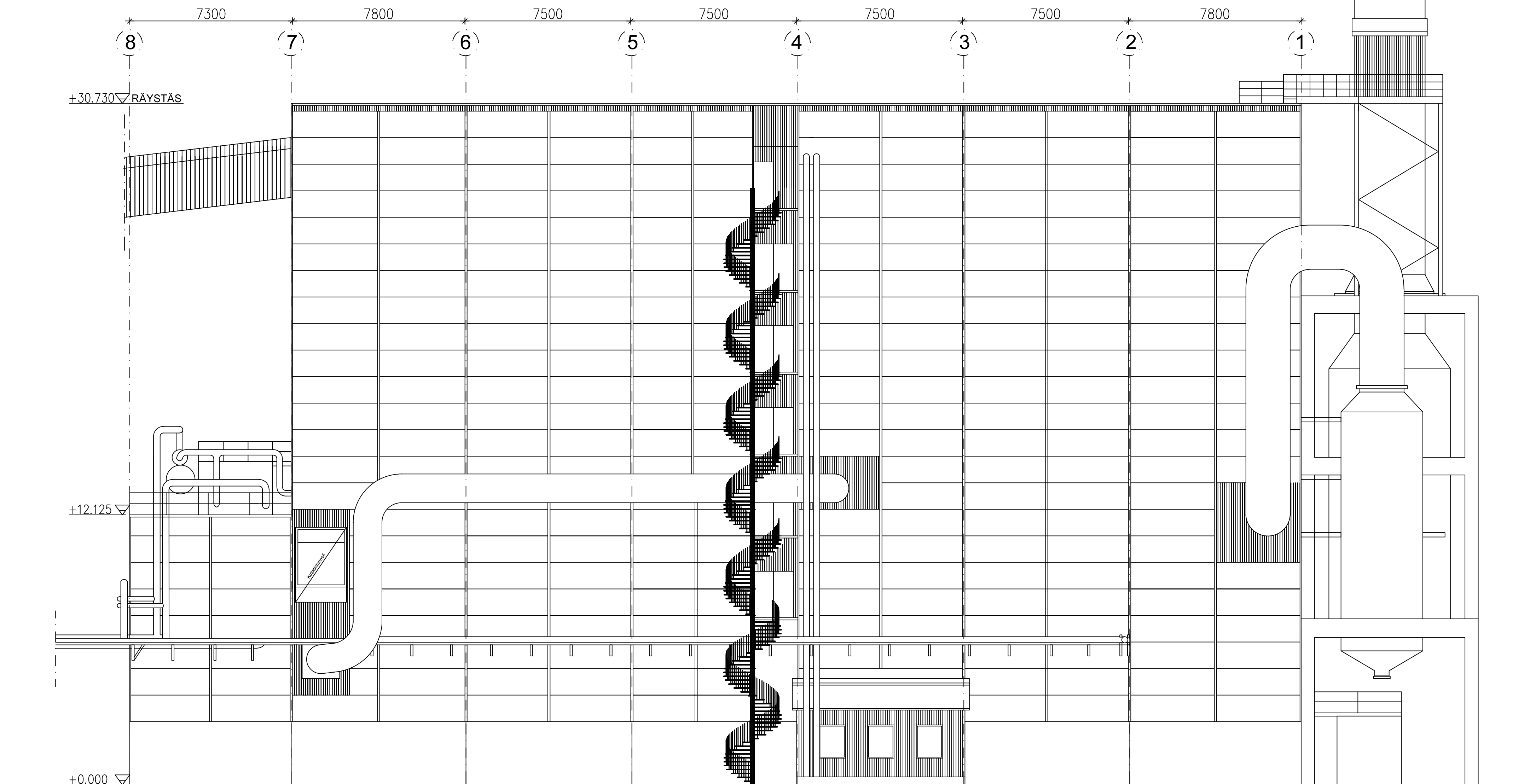
Insinööri Niska & Cygnel  
Työn nro 513

ITÄÄN

k.oso / stadsdel	korttel / kvarter	tomti / tomt	arkistomerk / arkivant
toimenpide / åtgärd	JULKISIVUSANEERAUS	piirustustyyppi / ritningstyp	JULKISIVUPIIRUSTUS
kohteen nimi ja osoite / objektets namn och adress	YARA KOKKOLA/REHUFOSFAATTITEHDAS	suunnitelma / ritning	1:200
Kemirantie 1	67100 KOKKOLA	suunnitelma / ritning	Opinnäytetyö
piiritt / rit	TV	suunnitelma / rit	TV
pvm / dat	27.1.2015	tark / insp	TV
miten / kontak	Teemu Vuolle, Insinööriopiskelija		

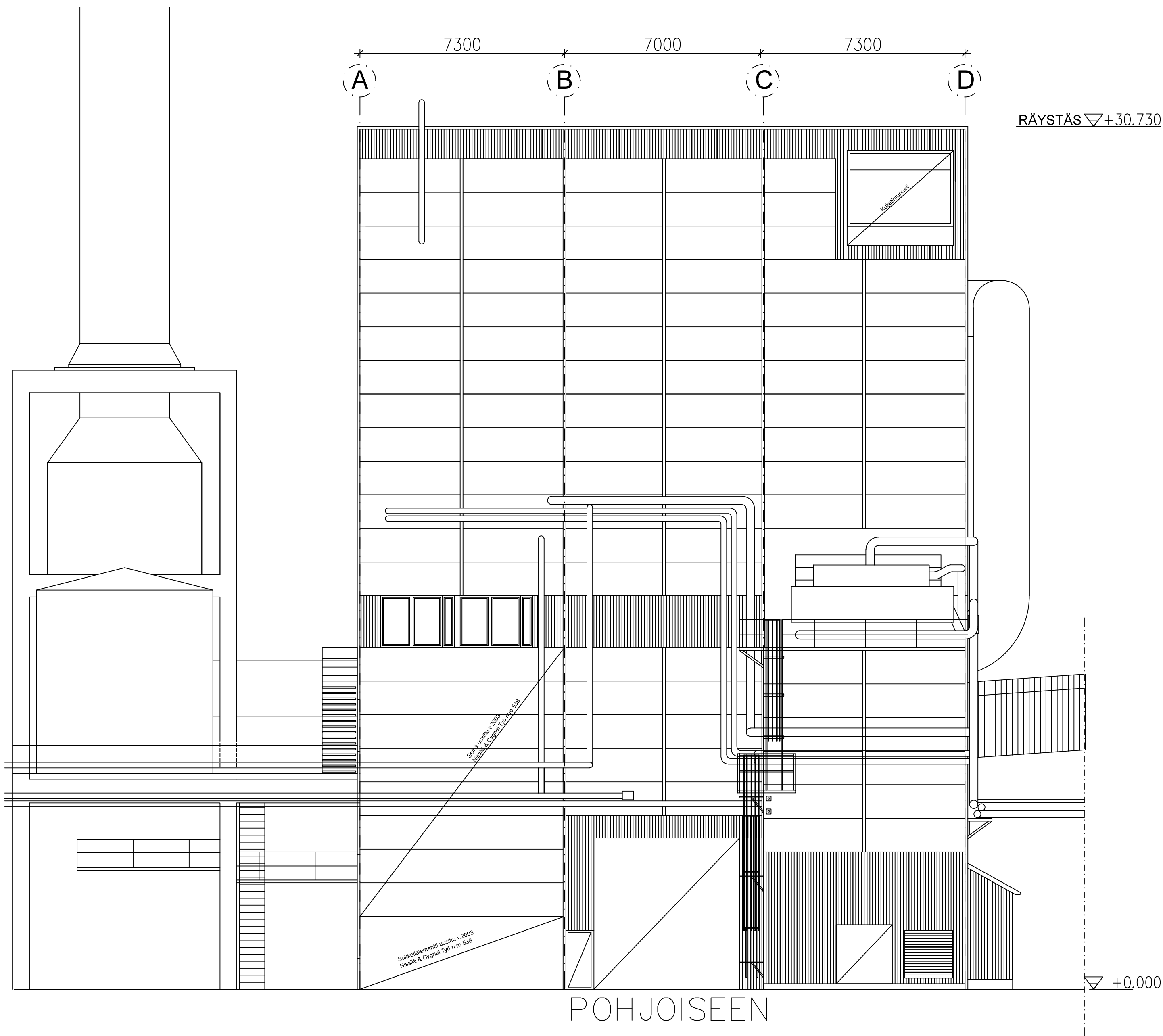
## LIITE 1

3(4)



LÄNTEEN

k.osa / stadsdel		kortteii / kvarter		tontti / tomt		arkistomer / arkivant								
toimenpide / åtgärd JULKISIVUVAANERAUS				piirustusoaj / ritningstyp JULKISIVUPIIRUSTUS										
kohteen nimi ja osoite / objektets namn och adress YARA KOKKOLA/REHUFOSFAATTITEHDAS Kemirantie 1 67100 KOKKOLA				sisärits / innehåll JULKISIVUKUVA LÄNTEN		kaavat / skala 1:200								
<table border="1"> <tr> <td>piirtärit</td> <td>TV</td> <td>suunnitelma</td> <td>TV</td> </tr> <tr> <td>pvmmäärä</td> <td>27.1.2015</td> <td>tarkistus</td> <td>TV</td> </tr> </table>				piirtärit	TV	suunnitelma	TV	pvmmäärä	27.1.2015	tarkistus	TV	suunn.dra / plan.omr. työ no / arb. nr		piir.no / ritn.nr
				piirtärit	TV	suunnitelma	TV							
pvmmäärä	27.1.2015	tarkistus	TV											
				Opinnäytetyö		muutos / ändr.								
				yh.tehänk. / samarb. Teemu Vuolle, Insinööriopiskelija										



k.osa / stadsdel		korttel / kvarter		tontti / tomt		arkistomerk / arkivant	
toimenpide / åtgärd		JULKISIVUSANEERAUS		piirustustyyppi / ritningstyp		JULKISIVUPIIRUSTUS	
suunn.no / lopp. nr		JULKISIVUKUVA POHJOISEEN		1:200			
kohteen nimi ja osoite / objektets namn och adress		YARA KOKKOLA/REHUFOSFAATTITEHDAS		Käytävä		Käytävä	
Käytävä		67100 KOKKOLA					
suunn.no / plan.nmr.		työ no / arb. nr		piir.no / ritn.nr		muutos / ändr.	
piir. rit		suunn. plan		TV		Opinnäytetyö	
pvm. dat		27.1.2015		tark. insp		TV	
yhteyshenkilö / kontaktp		Teemu Vuolle		Insinööriopiskelija			

Kohde / Projekt  
YARA KOKKOLA  
REHUFOSFAATTITEHDAS

Sisältö / Innehåll  
ELEMENTTIKIINNIKKEET

LIITE 2

1(9)

Työ nro / Arb nr  
Opinnäytetyö

Pvm / Dat  
1.1.2015

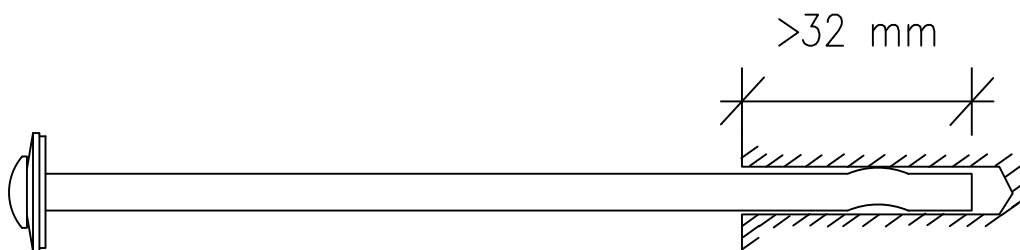
Nim / Init  
T.V.

DET 1

Windows OLE Object

MITTAKAAVA; 1:10

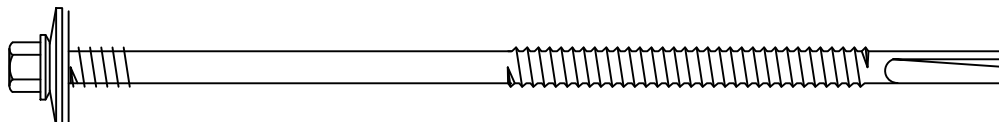
RC100



Betonirakenteisiin  
Ruostumatonta terästä  
SFS Spike  
Tiivistävä aluslevy ruostumatonta terästä d=19mm

RC100 (100mm paneeli)

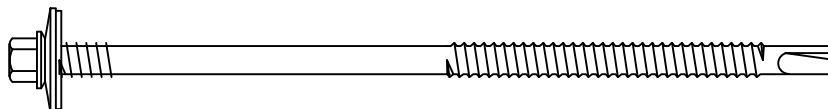
RM100



Teräsrunko 3 - 12 mm  
Ruostumatonta terästä  
Poraava ruuvi  
Tiivistävä aluslevy ruostumatonta terästä d=19mm

RM100 (100mm paneeli)

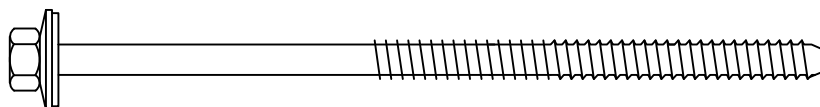
RS100



Teräsrunko 1.5 - 3 mm  
Ruostumatonta terästä  
Poraava ruuvi  
Tiivistävä aluslevy ruostumatonta terästä d=19mm

RS100 (100mm paneeli)

SL100



Teräsrunko  
Ruostumatonta terästä  
Tiivistävä aluslevy ruostumatonta terästä d=19mm

SL100 (100mm panel)

HUOMIOITAVAA !!! Vaatii esiporauksen. Porauksen mitat materiaalipaksuuden ja terästyypin mukaan

Kohde / Projekt

**YARA KOKKOLA**  
**REHUFOSFAATTITEHDAS**

Sisältö / Innehåll

PAROC ELEMENTIN KIINNITYS BETONIRUNKOON  
VAAKA- ASENNUS  
PERIAATEDETALJI

LIITE 2

2(9)

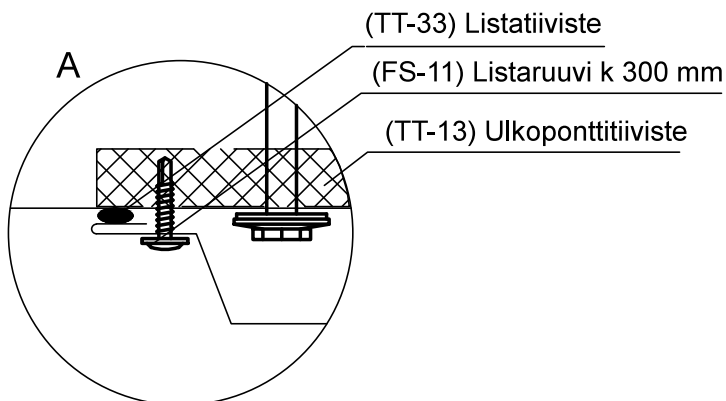
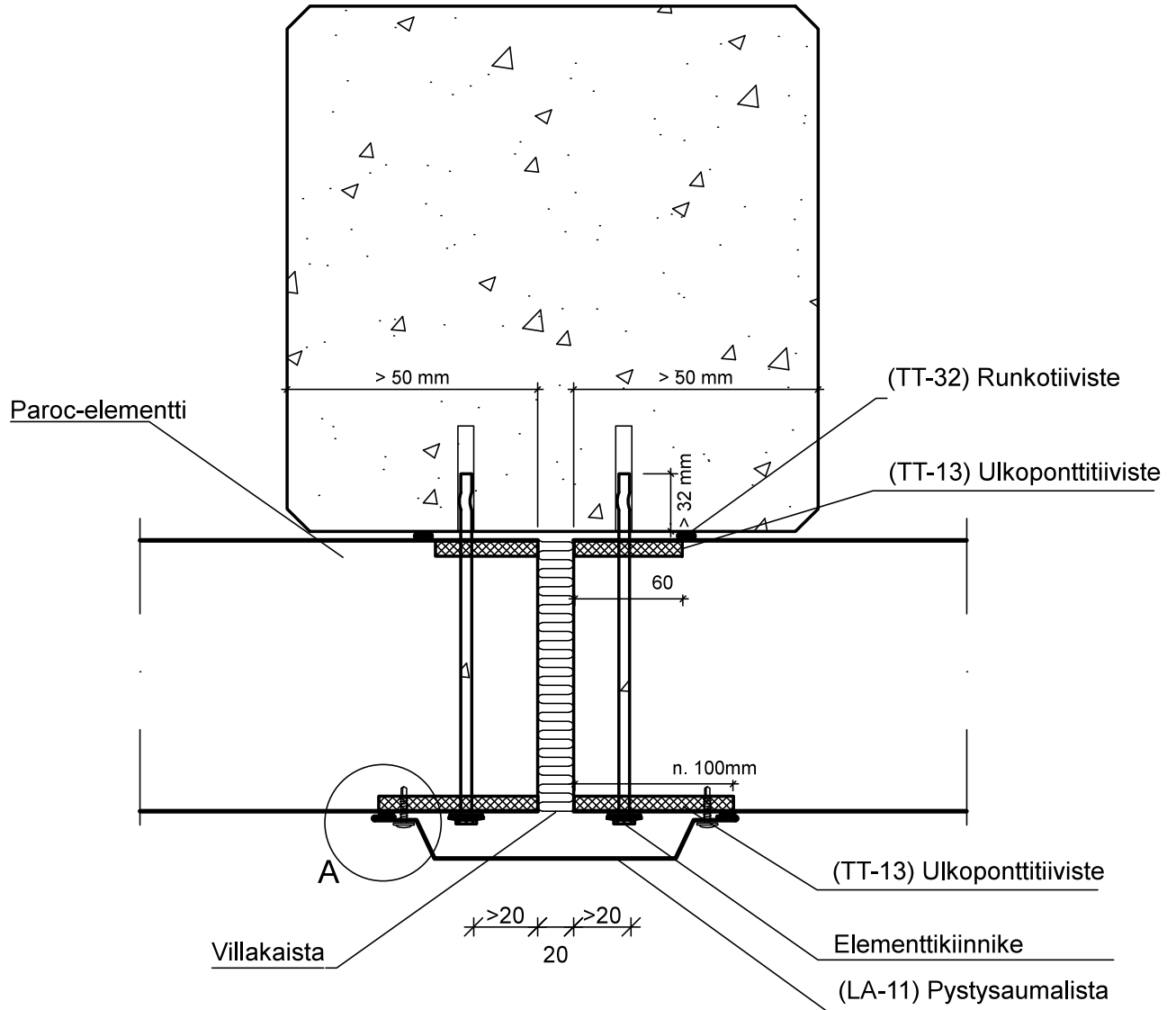
Työ nro / Arb nr

Pvm / Dat  
1.1.2015

Nim / Init  
T.V.

DET 2

MITTAKAAVA; 1:10





Kohde / Projekt  
YARA KOKKOLA  
REHUFOSFAATTITEHDAS

Sisältö / Innehåll  
PAROC ELEMENTIN KIINNITYS BETONIRUNKOON  
NURKKALIITOS  
PERIAATEDETALJI

LIITE 2

3(9)

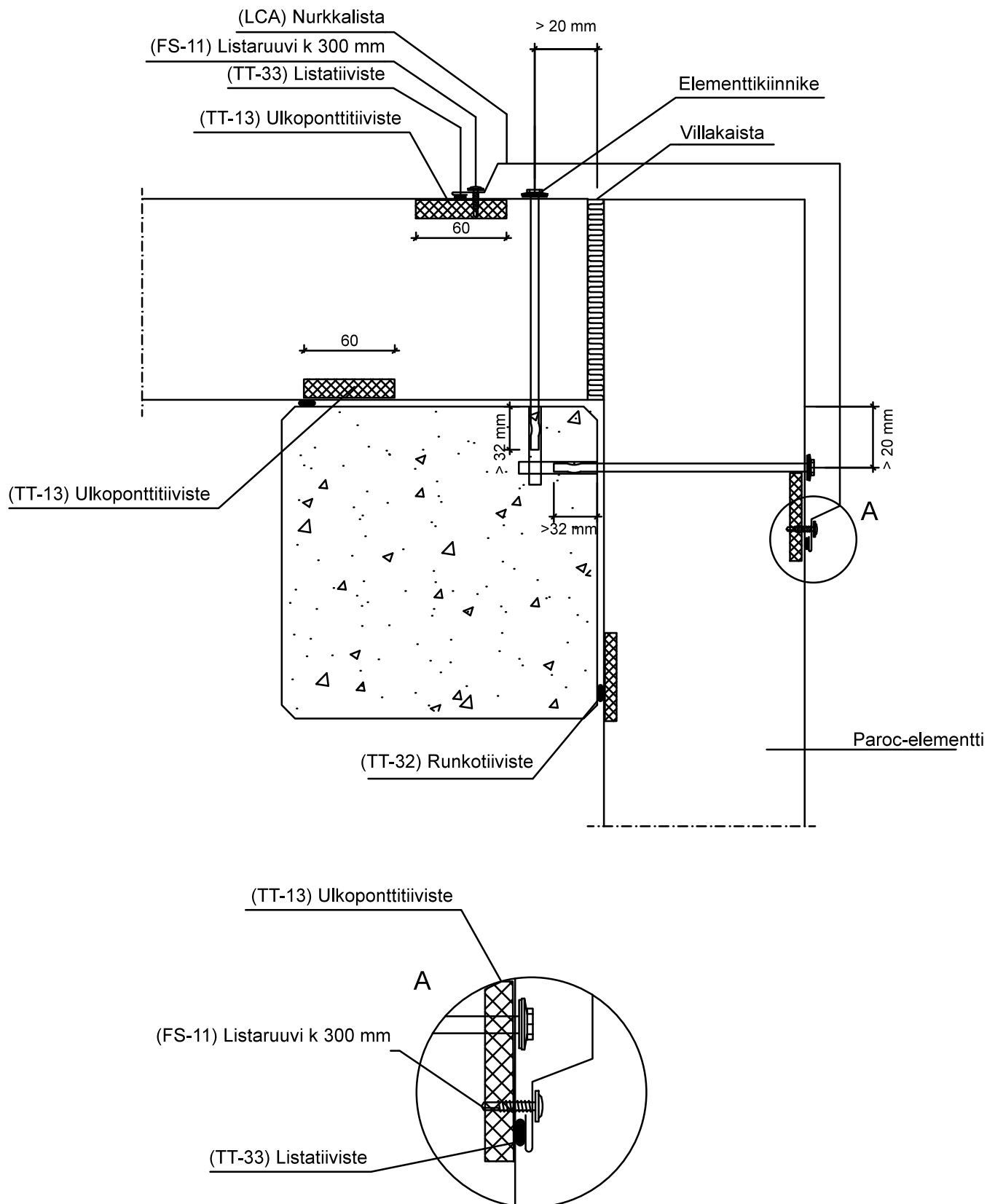
Työ nro / Arb nr

Pvm / Dat  
1.1.2015

Nim / Init  
T.V.

DET 3

MITTAKAAVA; 1:10



Kohde / Projekt  
YARA KOKKOLA  
REHUFOSFAATTITEHDAS

Sisältö / Innehåll  
PAROC ELEMENTIN KIINNITYS TERÄSRUNKOON  
VAAKA- ASENNUS  
PERIAATEDETALJI

LIITE 2

4(9)

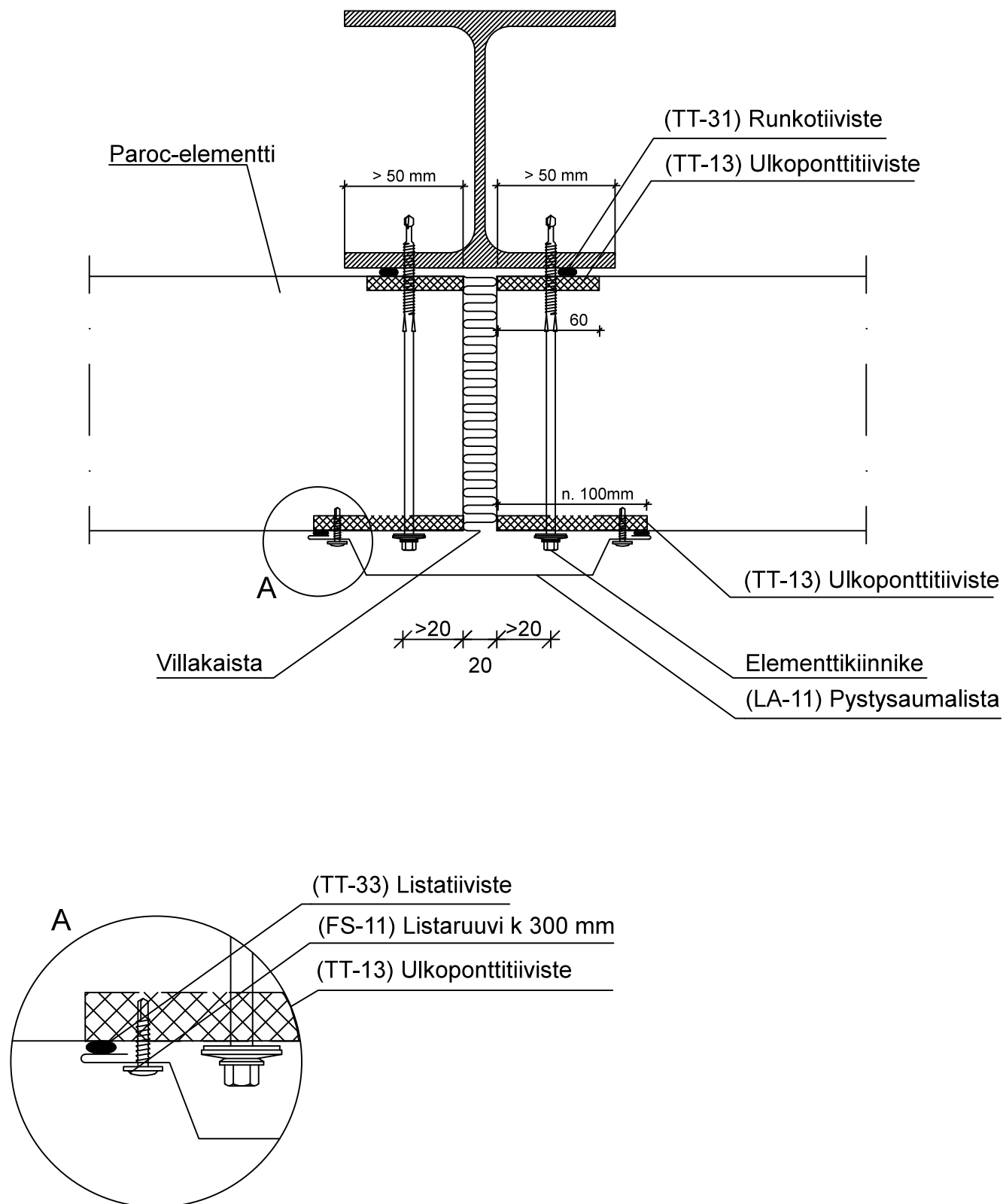
Työ nro / Arb nr

Pvm / Dat  
1.1.2015

Nim / Init  
T.V.

DET 4

MITTAKAAVA; 1:10



Kohde / Projekt  
YARA KOKKOLA  
REHUFOSFAATTITEHDAS

Sisältö / Innehåll  
PAROC ELEMENTIN SOKKELILIITOS  
VAAKA- ASENNUKSEN  
PERIAATEDETALJI

LIITE 2

5(9)

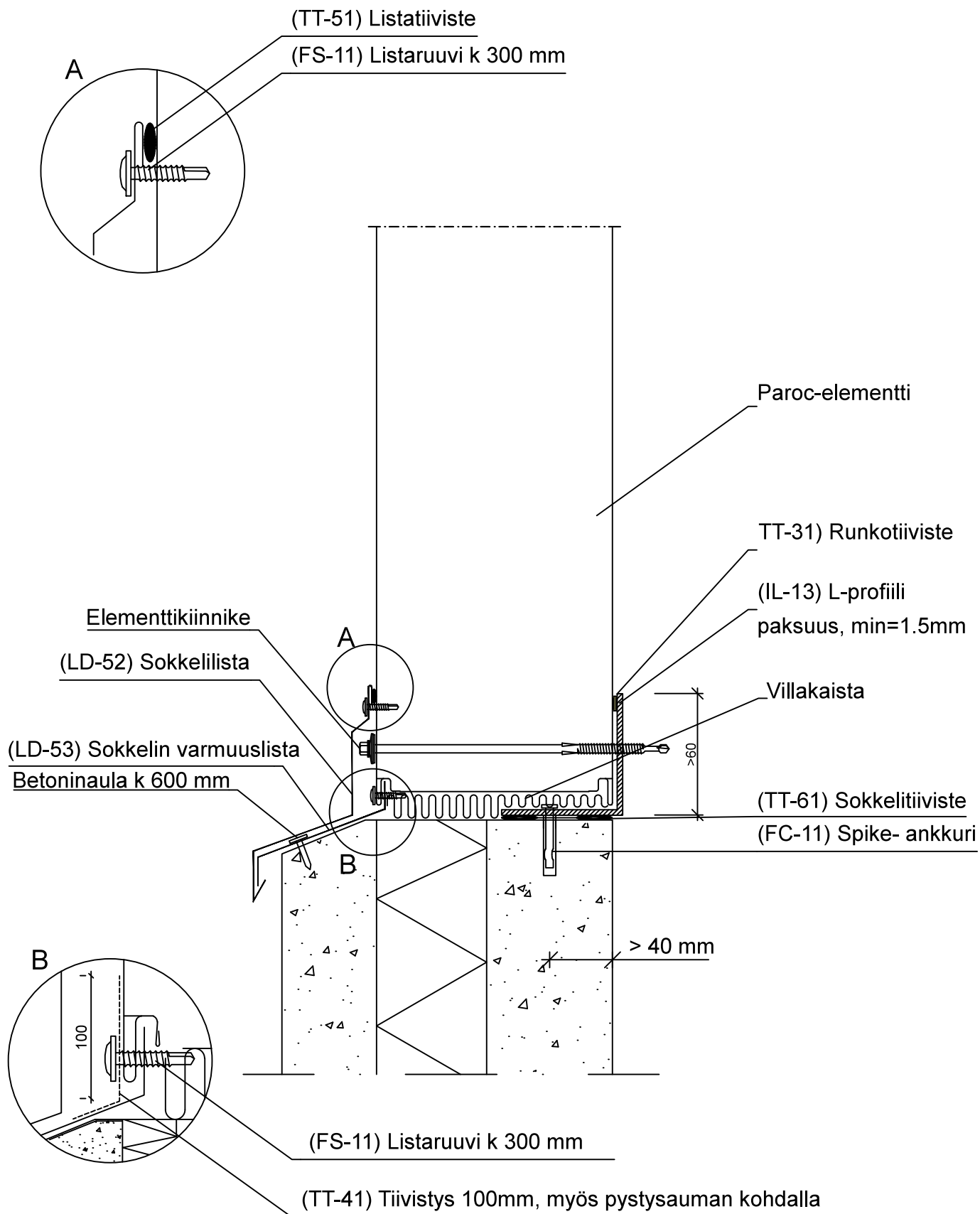
Työ nro / Arb nr

Pvm / Dat  
1.1.2015

Nim / Init  
T.V.

DET 5

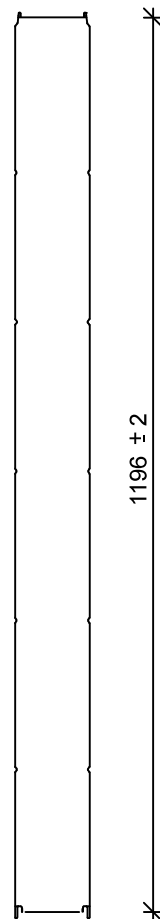
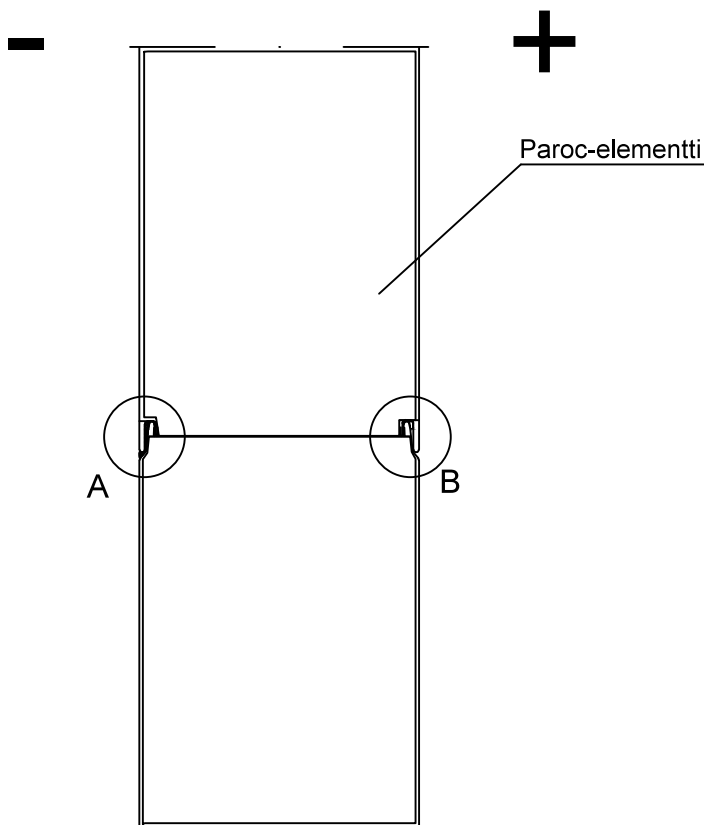
MITTAKAAVA; 1:10



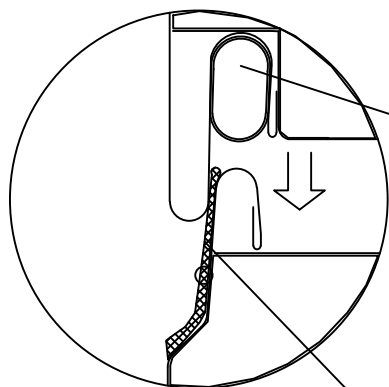
Kohde / Projekt YARA KOKKOLA REHUFOSFAATTITEHDAS		Sisältö / Innehåll PAROC ELEMENTIN PONTTILIITOS VAAKA– ASENNUS PERIAATEDETALJI		
LIITE 2	6(9)	Työ nro / Arb nr		DET 6
		Pvm / Dat 1.1.2015	Nim / Init T.V.	

MITTAKAAVA; 1:10

PAROC elementti

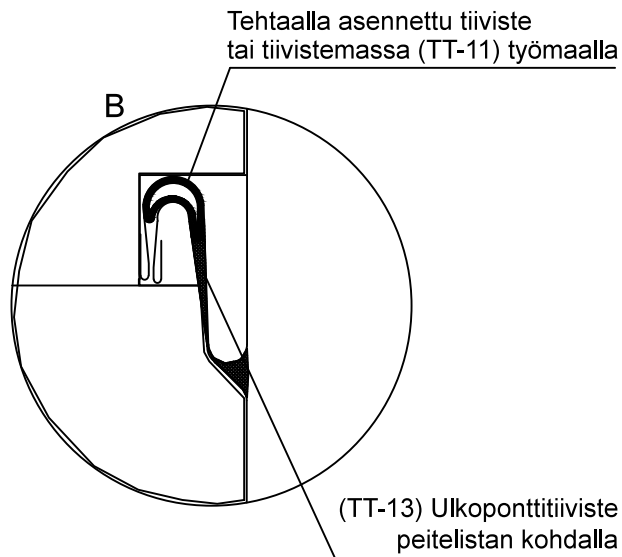
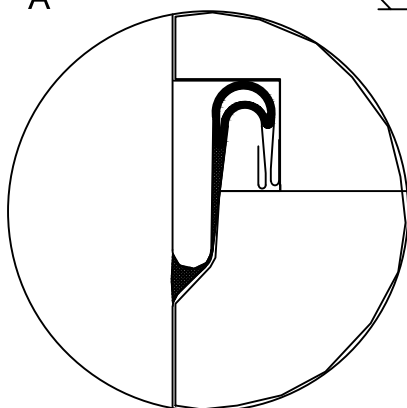


1196 ± 2



Tehtaalla asennettu tiiviste  
tai ulkosaumamassa (TT-13) työmaalla

(TT-13) Ulkoponttitiiviste  
peitelistan kohdalla

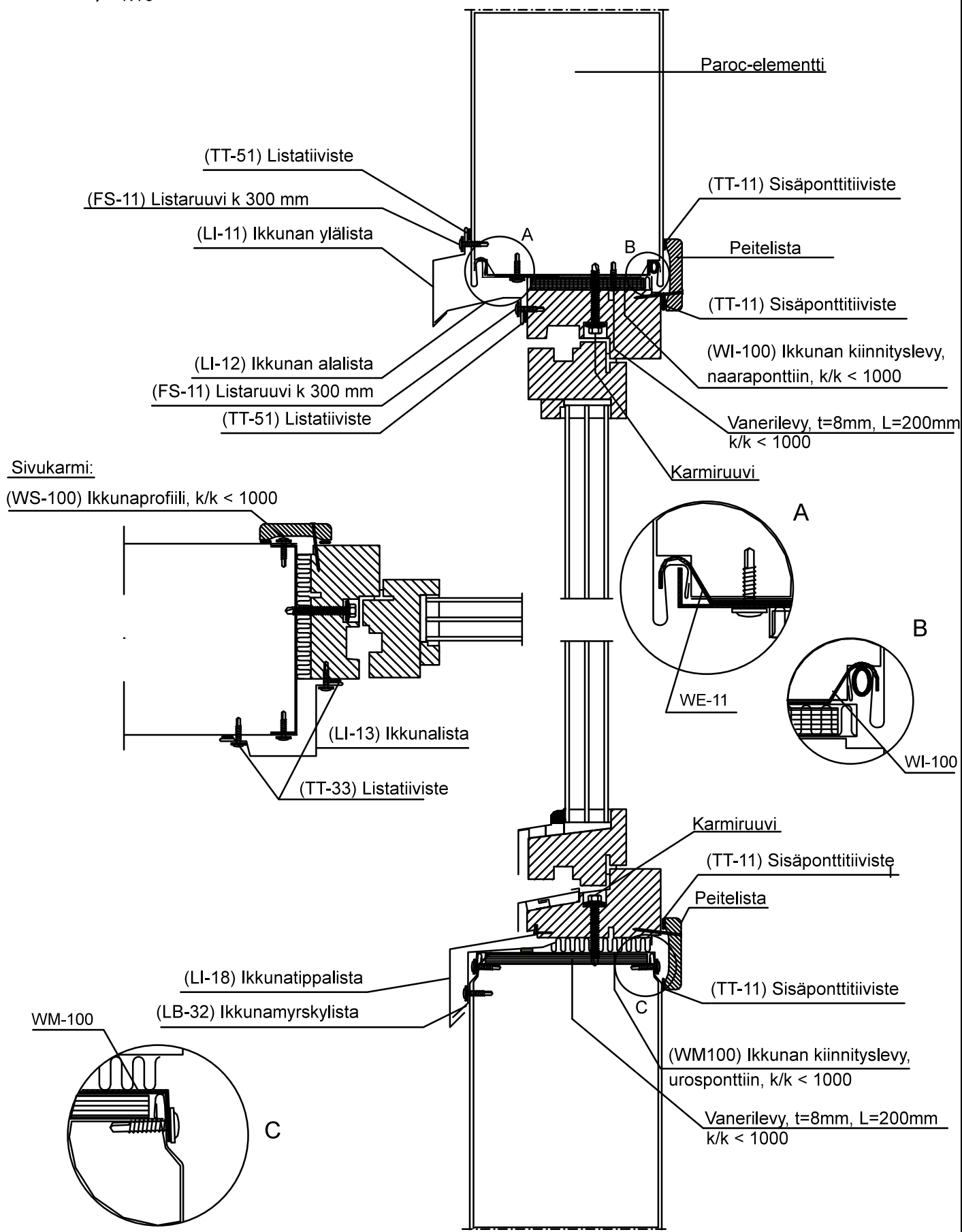


Tehtaalla asennettu tiiviste  
tai tiivistemassa (TT-11) työmaalla

(TT-13) Ulkoponttitiiviste  
peitelistan kohdalla

Kohde / Projekt YARA KOKKOLA REHUFOSFAATTITEHDAS	Sisältö / Innehåll IKKUNAN ASENNUS PAROC- ELEMENTTIIN VAAKA- ASENNUS PERIAATEDETALJI	
LIITE 2	7(9)	DET 7
	Työ nro / Arb nr	
	Pvm / Dat 1.1.2015	Nim / Init T.V.

MITTAKAAVA; 1:10



Kohde / Projekt

YARA KOKKOLA

REHUFOSFAATTITEHDAS

Sisältö / Innehåll

OVEN ASENNUS PAROC- ELEMENTTIIN  
PERIAATEDETALJI

LIITE 2

8(9)

Työ nro / Arb nr

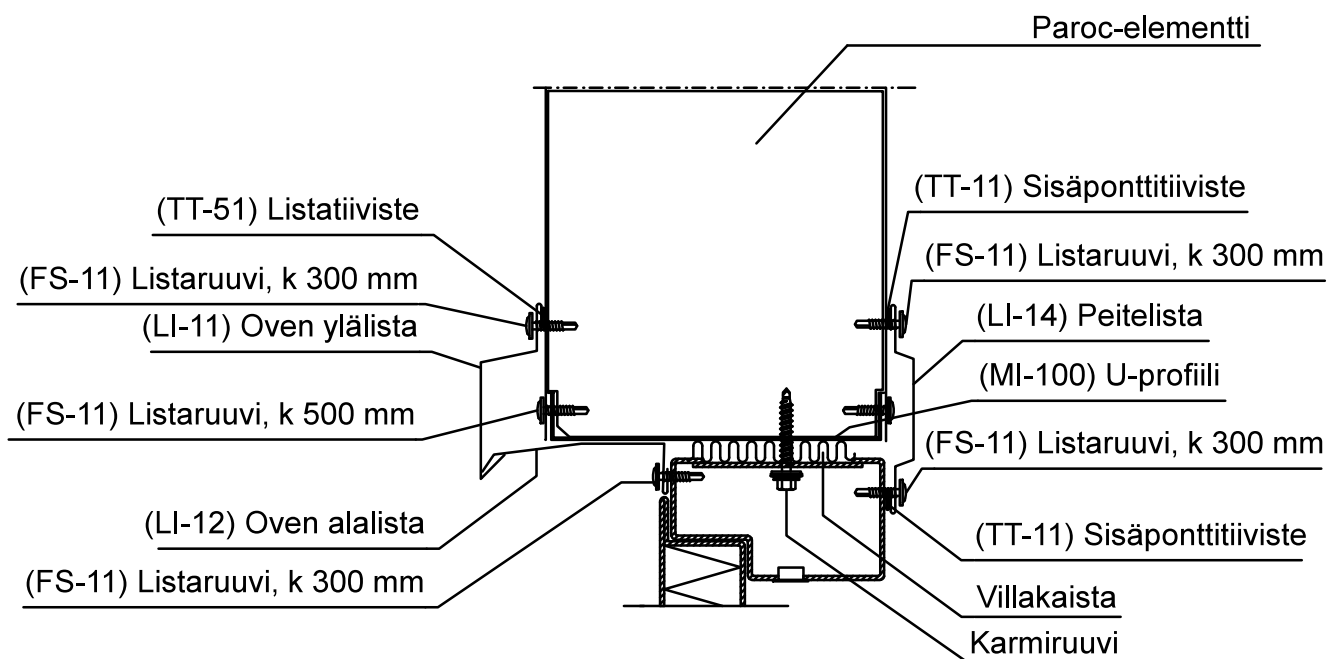
Pvm / Dat  
1.1.2015

Nim / Init  
T.V.

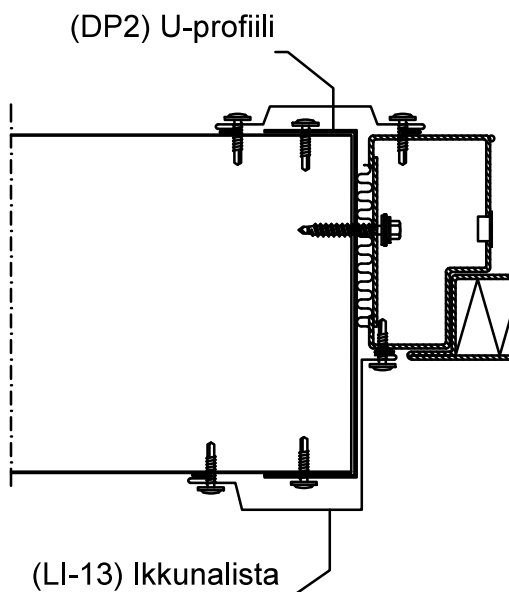
DET 8

MITTAKAAVA; 1:10

Pystyleikkaus:



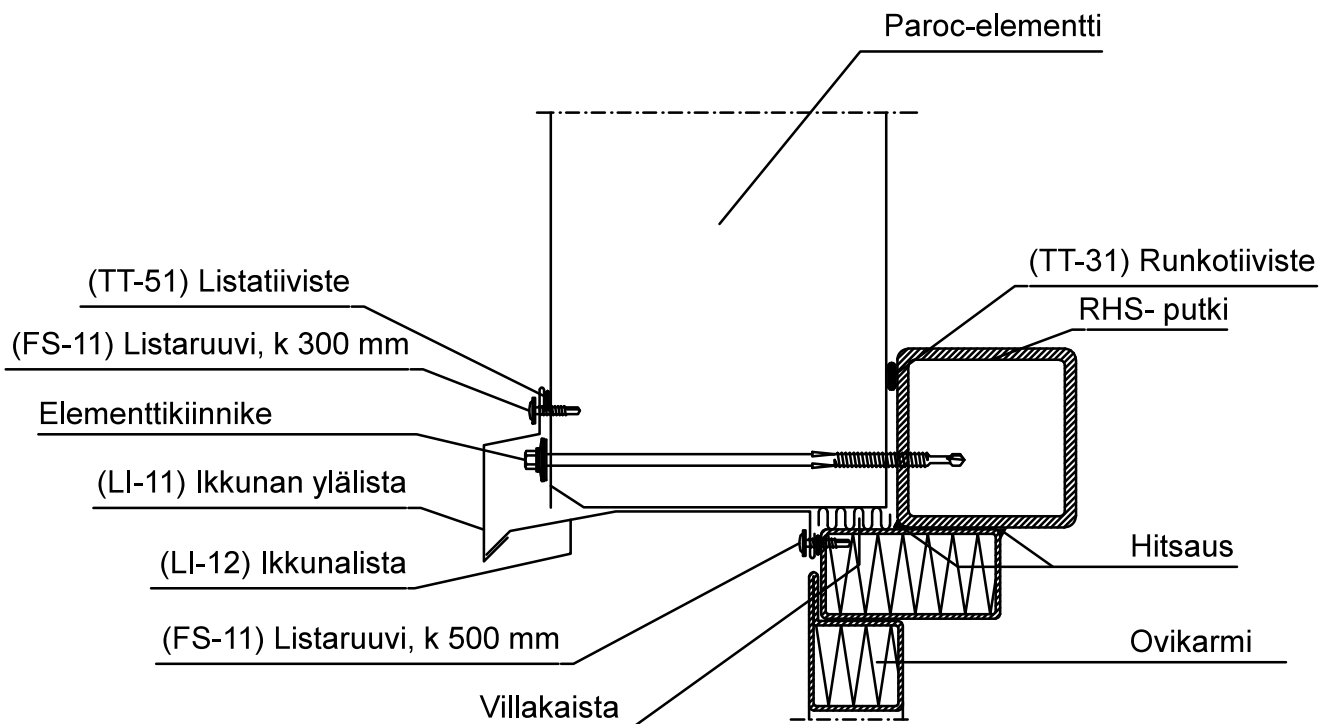
Vaakaleikkaus:



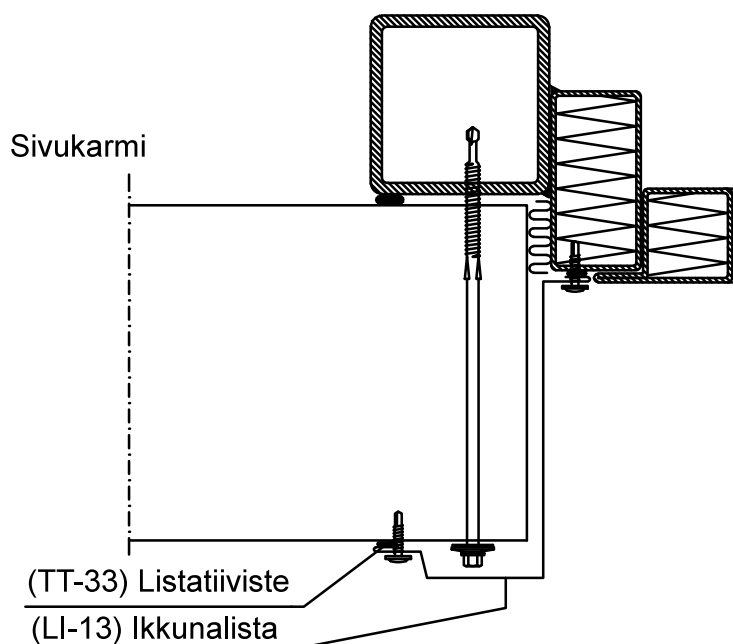
Kohde / Projekt YARA KOKKOLA REHUFOSFAATTITEHDAS	Sisältö / Innehåll ISON OVEN ASENNUS PAROC- ELEMENTTIIN PERIAATEDETALJI		
LIITE 2	9(9)	Työ nro / Arb nr	DET 9
		Pvm / Dat 1.1.2015	

MITTAKAAVA; 1:10

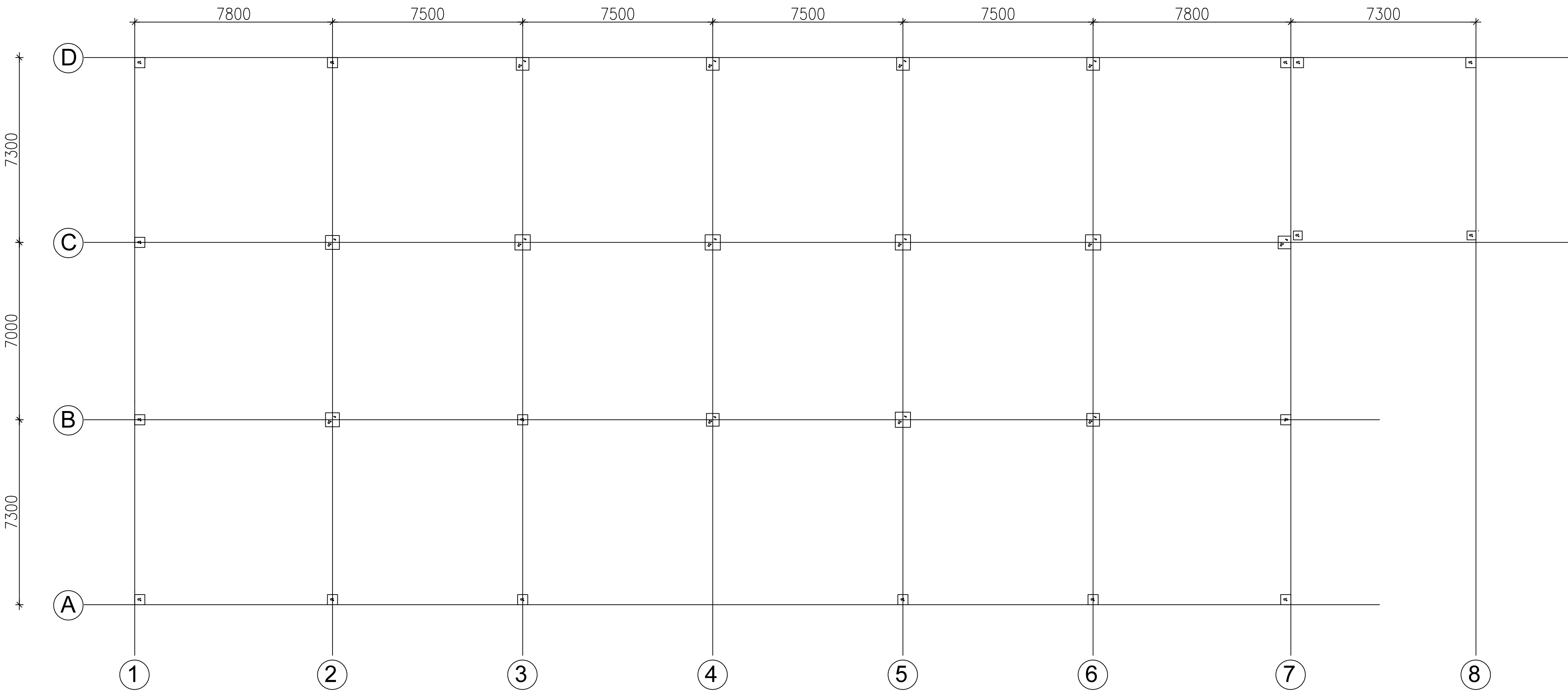
Pystyleikkaus:



Vaakaleikkaus:







k.osa / stadsdel		kortteli / kvarter		tontti / tomt	
toimenpide / åtgärd JULKISIVUSANEERAUS		arkistomerk / arkivant		piirustuslaji / ritningstyp MODUULIVIVASTO	
juoks. no / löp. nr					
kohteen nimi ja osoite / objektets namn och adress YARA KOKKOLA/REHUFOSFAATTITEHDAS Kemirantie 1 67100 KOKKOLA			sisältö / innehåll NYKYINEN RUNGON MODUULIJAKO		
kaavat / skalar					
suunn.ala / plan.omr.			työ no / arb. nr		piir.no / ritn.nr
muutos / ändr.					
Opinnäytetyö					
piirt rit TV		suunn plan TV			
pvm dat 7.12.2014		tark insp TV		yhthenk kontakt Teemu Vuolle, Insinööriopiskelija	